

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL – PPGEF

QUALIDADE DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sequoia sempervirens*,
Sequoiadendron giganteum e Pseudotsuga menziesii

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CAROLINA MORAES

Lages, SC

2023

CAROLINA MORAES

**QUALIDADE DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sequoia sempervirens*,
Sequoiadendron giganteum e *Pseudotsuga menziesii***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, área de concentração em Produção Florestal.
Orientador: Dr. Marcio Carlos Navroski.
Coorientadora: Dra. Luciana Magda de Oliveira.

LAGES

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Moraes, Carolina

Qualidade de sementes e produção de mudas de *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii* / Carolina Moraes. -- 2023.

59 p.

Orientador: Marcio Carlos Navroski

Coorientadora: Luciana Magda de Oliveira

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2023.

1. Viveiro Florestal. 2. Espécies Alternativas. 3. Coníferas. 4. Silvicultura. 5. Sementes Florestais. I. Navroski, Marcio Carlos . II. Oliveira, Luciana Magda de. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

CAROLINA MORAES

**QUALIDADE DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sequoia sempervirens*,
Sequoiadendron giganteum e *Pseudotsuga menziesii***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, área de concentração em Produção Florestal.
Orientador: Dr. Marcio Carlos Navroski.
Coorientadora: Dra. Luciana Magda de Oliveira.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcio Carlos Navroski
Departamento de Engenharia Florestal UDESC

Membros: Prof. Dr. Ezequiel Gasparin
Departamento de Engenharia Florestal, UFSM

Profa. Dra. Kelen Haygert Lencina
Departamento de Agricultura, Biodiversidade e Florestas, UFSC

Lages, 30 de agosto de 2023.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que são minha base, que me dão todo suporte e incentivo necessário para seguir estudando e sempre buscar por mais conhecimento. Me acompanharam em todas as etapas da vida acadêmica e fazem parte de mais uma.

Ao meu orientador, Navroski, que sempre me orientou com maestria! Sou muito grata por todo conhecimento adquirido desde que comecei a trabalhar contigo. Sempre paciente, atencioso e dando todo suporte necessário nas etapas da vida acadêmica, e na vida além da universidade. És um exemplo de profissional e pessoa pra mim, uma amizade que sou muito grata em ter adquirido!

Á Mariane, que sempre fez parte da minha vida acadêmica e pessoal, me influenciou a trilhar o caminho pelo qual estou seguindo. Sempre me incentivou e se manteve presente na minha vida, se eu for realmente agradecer por tudo me faltará linhas para escrever. Sou muito grata por ter lhe conhecido e termos construído essa amizade.

Aos colegas de trabalho e meus amigos, que fizeram parte dessa etapa, mesmo que não diretamente, pois sozinha eu não conseguiria. Nos dias difíceis de seguir eles me mantiveram motivada e se fizeram presente ao meu lado para que eu pudesse chegar ao final de mais uma etapa.

Á minha coorientadora, Luciana, pela orientação e paciência em me ensinar o mundo das sementes. Agradeço muito por todo conhecimento compartilhado e toda preocupação em me auxiliar.

Á Universidade do Estado de Santa Catarina, que é minha segunda casa desde a graduação, agradeço a oportunidade de realizar o mestrado, assim como ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Muito aprendizado nesse período! Á CAPES pela bolsa concedida, fundamental para a viabilidade deste trabalho.

Ao Viveiro Florestal e ao Laboratório de Propagação e Melhoramento Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), por permitir a realização deste trabalho e por toda parceria nesses anos de pesquisa. Agradeço a cada um que ajudou de alguma forma, a parceria e disponibilidade de todos em ajudar, e aos momentos de descontração que são essenciais. Também agradeço ao Laboratório de Sementes Florestais, a todos que ajudaram, e por ter concedido os equipamentos necessários para a realização deste trabalho.

Agradeço muito a todos que de alguma forma me auxiliaram, dentro e fora da universidade, para que este trabalho fosse realizado!

"Felicidade não é a ausência de conflitos, mas a habilidade em lidar com eles. Alguém feliz não tem o melhor de tudo, mas tem a sabedoria de tornar tudo melhor."

Desconhecido

RESUMO

Espécies alternativas são essenciais para a diversificação do setor florestal, mas a potencialidade do uso dessas espécies não está apenas ligada à adaptação ao habitat, mas também às práticas silviculturais que envolvem o desenvolvimento das mudas. Assim, o presente estudo objetivou avaliar a qualidade de sementes e produção de mudas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco, *Sequoia sempervirens* (D. Dom) Endl. e *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz. Foi utilizado um lote de sementes categorizado em Lote A1 e A2. As sementes foram submetidas a testes para avaliação das qualidades fisiológica (viabilidade – tetrazólio e germinação) e física (determinação do teor de água e peso de mil sementes). Assim como o beneficiamento com uso de soprador para avaliar a qualidade das sementes na germinação, e determinação de metodologia definitiva para *S. sempervirens* e *S. giganteum*, e alternativa de tetrazólio para *P. menziesii*, utilizando concentrações de 0,1%, 0,5% e 1,0%. Nos testes de germinação e tetrazólio, o delineamento foi o inteiramente casualizado, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, totalizando em 100 sementes por tratamento. Para o estudo em viveiro, foram realizados experimentos com substratos comerciais (cinco composições), e doses de fertilizante de liberação controlada (0, 2, 4, 6, 8 g L⁻¹) somente para *S. giganteum*. Foram avaliadas as variáveis sobrevivência (%), diâmetro do coleto (mm), altura (cm) e relação altura/diâmetro do coleto. A partir da análise dos dados foi possível observar que não houve efeito significativo da concentração de tetrazólio, assim sendo 0,1% a concentração indicada para as espécies. Portanto, recomenda-se a utilização desta concentração de sal de tetrazólio como medida para otimizar o material em questão. A partir dos dados de teor de água é possível presumir que se trata de sementes classificadas como ortodoxas, porém estudos relacionados ao armazenamento devem ser realizados. O peso de mil sementes indica que as sementes são pequenas e auxilia para o cálculo de número de sementes para uma semeadura. Em relação à qualidade fisiológica, foi observado baixa porcentagem de germinação, essa baixa germinação é principalmente atribuída à inviabilidade das sementes e à presença de sementes vazias. As mudas produzidas em viveiro, apresentaram alta taxa de sobrevivência, superando os 80%. No caso de *Pseudotsuga menziesii*, os resultados indicam que o Substrato III foi o mais adequado, uma vez que apresentou as maiores médias para as variáveis avaliadas. Para *Sequoia sempervirens*, a recomendação recai sobre o Substrato IV, enquanto para *Sequoiadendron giganteum*, o Substrato ideal é o I, e a dose recomendada para cultivo da espécie é de 4 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada.

Palavras-chave: viveiro florestal; espécies alternativas; coníferas; silvicultura; sementes florestais.

ABSTRACT

Alternative species are essential for diversifying the forestry sector, but the potential for using these species is not only linked to adaptation to the habitat but also to silvicultural practices involving seedling development. Thus, the present study aimed to assess the seed quality and seedling production of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco, *Sequoia sempervirens* (D. Dom) Endl., and *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz. A batch of seeds categorized as Lot A1 and A2 was utilized. The seeds underwent tests to evaluate physiological (viability - tetrazolium and germination) and physical (determination of moisture content and weight of a thousand seeds) qualities. Additionally, seed processing was conducted using a blower to assess seed quality in germination, and a definitive methodology was determined for *S. sempervirens* and *S. giganteum*, with an alternative tetrazolium method for *P. menziesii*, utilizing concentrations of 0.1%, 0.5%, and 1.0%. In the germination and tetrazolium tests, a completely randomized design was used, with four replications of 25 seeds, totaling 100 seeds per treatment. For the nursery study, experiments were conducted with commercial substrates (five compositions) and controlled-release fertilizer doses (0, 2, 4, 6, 8 g L⁻¹) only for *S. giganteum*. Variables assessed included survival (%), collar diameter (mm), height (cm), and height/collar diameter ratio. Analysis of the data revealed that there was no significant effect of tetrazolium concentration; thus, 0.1% is the recommended concentration for the species. Therefore, the use of this tetrazolium salt concentration is recommended as a measure to optimize the material in question. Based on the moisture content data, it can be assumed that the seeds are classified as orthodox, but studies related to storage should be conducted. The weight of a thousand seeds indicates that the seeds are small and aids in calculating the number of seeds for sowing. Regarding physiological quality, a low germination percentage was observed, and this low germination is mainly attributed to seed inviability and the presence of empty seeds. Seedlings produced in the nursery exhibited a high survival rate, exceeding 80%. In the case of *Pseudotsuga menziesii*, the results indicate that Substrate III was the most suitable, as it presented the highest means for the evaluated variables. For *Sequoia sempervirens*, the recommendation is for Substrate IV, while for *Sequoiadendron giganteum*, the ideal Substrate is I, and the recommended dose for cultivation of the species is 4 g L⁻¹ of controlled-release fertilizer.

Key word: forest nursery; alternative species; Conifers; silviculture; forest seeds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Embriões de *S. sempervirens* (a, b e c) e *S. giganteum* (c, d e f) representando as subclasses 1 (a; d), 2 (b; e) e 4 (c; f) desenvolvidas para avaliação das sementes no teste de tetrazólio. 35
- Figura 2 – Embriões de *Pseudotsuga menziesii* representando as subclasses 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d) desenvolvidas para avaliação das sementes no teste de tetrazólio. 35
- Figura 3 – Sementes com consistência flácida e preenchida por tanino de *Sequoia sempervirens* (a e b); Sementes vazia e preenchida por tanino de *Sequoiadendron giganteum* (c e d). 36
- Figura 4 – Semente de *Pseudotsuga menziesii* predada por espécime de larva(a); larva encontrada dentro da semente (b). 43
- Figura 5 – Altura (cm) de *Sequoiadendron giganteum* em fase de viveiro, avaliadas 6 meses após a instalação do experimento com fertilizante de liberação controlada. 47
- Figura 6 – Diâmetro do coleto (DAC – cm) de *Sequoiadendron giganteum* em fase de viveiro, avaliadas 6 meses após a instalação do experimento com fertilizante de liberação controlada. 47
- Figura 7 – Sementes de *Sequoia sempervirens* (a) e *Pseudotsuga menziesii* (b) contaminadas por fungos. 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Experimento realizado nas sementes de <i>Sequoia sempervirens</i> , <i>Sequoiadendron giganteum</i> e <i>Pseudotsuga menziesii</i> utilizando diferentes concentrações de tetrazólio.	34
Tabela 2 – Experimentos das mudas via seminal realizados nas espécies, utilizando os diferentes substratos e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC).....	40
Tabela 3 – Análise física e química dos substratos utilizados para produção de mudas de <i>Sequoia sempervirens</i> , <i>Sequoiadendron giganteum</i> e <i>Pseudotsuga menziesii</i> .	
Tabela 4 – Viabilidade (%) de sementes de <i>Sequoia sempervirens</i> , <i>Sequoiadendron giganteum</i> e <i>Pseudotsuga menziesii</i> , por categoria (Lote A1 e Lote A2), nas concentrações de tetrazólio utilizadas (0,0%, 0,1%, 0,5% e 1,0%).	42
Tabela 5 – Teor de água (TA) e peso de mil sementes (PMS) das sementes de <i>Sequoiadendron giganteum</i> , <i>Sequoia sempervirens</i> e <i>Pseudotsuga menziesii</i>	43
Tabela 6 – Viabilidade das sementes de <i>Sequoiadendron giganteum</i> , <i>Sequoia sempervirens</i> e <i>Pseudotsuga menziesii</i> classificadas como germinadas e duras e contabilização de duras, deterioradas e vazias nas duas porções do lote.....	44
Tabela 7 – Viabilidade das sementes do Lote A1 com e sem o uso do beneficiamento com soprador.....	45
Tabela 8 – Sobrevivência, altura e diâmetro do coleto (DAC) e a relação dessas variáveis (h/dc) das mudas em fase de viveiro de <i>Sequoiadendron giganteum</i> , <i>Sequoia sempervirens</i> e <i>Pseudotsuga menziesii</i> , avaliadas 6 meses após a instalação dos experimentos...	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. OBJETIVO GERAL	16
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1. <i>Sequoia sempervirens</i> (D. Dom) Endl.	16
4.2. <i>Sequoiadendron giganteum</i> (Lindl.) Buchholz.....	17
4.3. <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb) Franco.....	18
4.4. Análise física e fisiológica de sementes.....	20
4.5. Fatores determinantes na produção de mudas.....	21
5. REFERÊNCIAS	23
6. CAPÍTULO I – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Sequoia sempervirens</i>, <i>Sequoiadendron giganteum</i> e <i>Pseudotsuga menziesii</i>	28
6.1. RESUMO	28
6.2. ABSTRACT.....	28
6.3. INTRODUÇÃO	29
6.4. MATERIAL E MÉTODOS	33
6.4.1. Material seminal	33
6.4.2. Definição de metodologia para teste de tetrazólio	33
6.4.3. Qualidade física e fisiológica	37
6.4.4. Beneficiamento das sementes com uso do soprador	39
6.4.5. Produção de mudas em viveiro	39
6.4.6. Análise estatística.....	41
6.5. RESULTADOS.....	42
6.5.1. Teste de tetrazólio, qualidade física e fisiológica e beneficiamento das sementes	42
6.5.2. Produção de mudas em viveiro	45
6.6. DISCUSSÃO	48
6.6.1. Teste de tetrazólio, qualidade física e fisiológica e beneficiamento das sementes	48
6.6.2. Produção de mudas em viveiro	52
6.7. CONCLUSÃO	55
6.8. REFERÊNCIAS.....	55

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo de espécies que apresentem características de interesse para os setores da indústria florestal brasileira é extremamente importante ambiental e economicamente. O Brasil está entre os países com maior área de florestas plantadas no mundo, sendo 9 milhões de hectares de *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp. e demais espécies (*Acacia* sp., *Araucaria angustifolia*, *Schizolobium amazonicum*, *Tectona grandis* e *Hevea brasiliensis*) (IBÁ, 2022).

No Sul do Brasil os reflorestamentos são compostos, em sua maioria, por espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*, sendo seus produtos utilizados para diversos segmentos industriais. Segundo dados da Associação catarinense de empresas florestais (ACR) (2022), com ano base de 2021, apenas no estado de Santa Catarina há uma base florestal expressiva, onde 713 mil hectares são ocupados por *Pinus* e 316 mil hectares por *Eucalyptus*. O estado de Santa Catarina também possui a concentração de empresas de processamento mecânico (serrados e painéis de madeira) e é o maior exportador de madeira serrada de coníferas (pinus) (ACR, 2022).

Além das espécies atualmente cultivadas, outras exóticas vêm sendo estudadas como alternativas no setor florestal brasileiro a exemplo da *Sequoia sempervirens* (Redwood), *Sequoiadendron giganteum* (Giant sequoia) e *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir), as quais têm grande potencial adaptativo e madeira para mercado com fins nobres, incluindo o uso para laminação, painéis compensados, e até mesmo para papel e celulose (DIEL & FRIZZO, 2002; IWAKIRI et al., 2013; CUNHA et al., 2014).

A família Cupressaceae, apresenta gêneros de espécies com grande potencial produtivo, *Sequoia* e *Sequoiadendron* são gêneros pertencentes à essa família botânica, e possuem apenas uma espécie, em cada gênero, com exemplares vivos que são verdadeiros arranha-céus da natureza (WILLARD, 2000). São espécies que vivem por muitos anos, são árvores altas e volumosas, podendo atingir uma altura média de 60 m, porém podem alcançar valores superiores à 100 m e diâmetro a altura do peito superior a 4 metros (ALDEN, 1997).

Sequoia sempervirens (D. Don) Endl. e *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz são importantes espécies de coníferas que ocorrem nas florestas úmidas do noroeste da Califórnia (Redwood) e encosta ocidental de Sierra Nevada (Giant sequoia) (KOCH et al., 2004; COX et al., 2021). Já *Pseudotsuga menziesii* pertence à segunda família (Pinaceae), que já possui algumas espécies bastante cultivadas no setor florestal brasileiro, como as do gênero *Pinus*.

Assim como as sequoias, os indivíduos de Douglas-fir podem alcançar 90 m de altura, porém em média chegam aos 50 m, e 4 m de diâmetro (VIDAKOVIC, 1991; GARCÍA et al.,

2012). Contrariando o que se espera de espécies longevas, as árvores dessas espécies geralmente devem o seu tamanho ao crescimento rápido e não a uma idade excepcional (STEPHENSON, 2000).

Cown & Mckinley (2008) afirmam que o mercado florestal demonstra interesse pela *Sequoia sempervirens*, conseqüentemente gerando pesquisas a respeito do cultivo, devido mais de 95% das florestas de sequoias estarem em áreas naturais, nos EUA, de parques de conservação (STUART, 2007; COWN, 2008), assim como para *Sequoiadendron giganteum*. Visto isso, a madeira cultivada em outros países recebe vantagens, principalmente no Brasil, em que há o histórico de elevados incrementos em espécies florestais.

Estudos iniciais envolvendo a investigação da adaptabilidade e crescimento de *Sequoia sempervirens* na região sul já vem sendo realizados e apresentam grande potencial nos resultados obtidos (RICKEN et al., 2012; PEREIRA et al., 2018). Para *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii*, porém, ainda não há estudos relacionados ao seu desenvolvimento no Brasil.

Para o cultivo satisfatório dessas espécies é importante conhecer o comportamento das sementes, tais como qualidade fisiológica e armazenamento correto. Essas informações influenciam na produção e comercialização das sementes e no conhecimento das espécies, visto que não há estudos no Brasil envolvendo as sementes de *Pseudotsuga menziesii*, *Sequoia sempervirens* e *Sequoiadendron giganteum*. O estudo das sementes é essencial pois auxilia a estruturar uma metodologia da produção de mudas das espécies, assim têm-se melhor entendimento do desenvolvimento desde a germinação até a formação da muda.

Em suma, o estudo da germinação de sementes de *P. menziesii*, *S. sempervirens* e *S. giganteum* é fundamental para uma abordagem cientificamente embasada no comportamento dessas espécies de importância ecológica e econômica. Outro importante fator a ser levado em consideração é que, as mudanças climáticas e os incêndios florestais representam uma ameaça grave para as sequoias, e é crucial adotar medidas de conservação e proteção para garantir a sobrevivência dessas espécies (VAN MANTGEM et al., 2009; KNAPP et al., 2013). Assim, o plantio dessas espécies no Brasil irá favorecer a conservação por meio de bancos de germoplasma, configurando como uma estratégia de conservação *ex situ*.

Portanto, torna-se justificável o desenvolvimento de pesquisas envolvendo espécies alternativas com potencial para cultivo, tendo grande importância científica por se tratar de um trabalho inédito no Brasil utilizando essas espécies, no qual apresentam grande potencial para serem utilizadas como alternativa para produtores e empresas que queiram investir em uma espécie com madeira de qualidade e bom desenvolvimento.

Justificando a tentativa de estudar suas sementes e caracterizar suas características silviculturais, a fim de introduzi-las na produção florestal do Sul do Brasil e alavancar ainda mais o setor nessa região, preferencialmente em locais com ocorrência de geadas, visto que essas espécies apresentam tolerância à baixas temperaturas.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a qualidade das sementes e a produção de mudas em viveiro de *Pseudotsuga menziesii*, *Sequoia sempervirens* e *Sequoiadendron giganteum*.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir metodologia do teste de tetrazólio para as sementes de *Sequoia sempervirens* e *Sequoiadendron giganteum*, e propor metodologia alternativa para *Pseudotsuga menziesii*.
- Avaliar a qualidade física, por meio de teste de umidade e peso de mil sementes, e fisiológica, por meio de teste de germinação e tetrazólio, das sementes de *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii*.
- Produzir mudas via seminal no viveiro florestal e testar o crescimento inicial de *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii* em substratos comerciais com diferentes composições e características químicas e físicas.
- Produzir mudas via seminal no viveiro florestal e testar a resposta de *Sequoiadendron giganteum* em diferentes doses de fertilizante de liberação controlada.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. *Sequoia sempervirens* (D. Dom) Endl.

Pertencente à família Cupressaceae, *S. sempervirens* se desenvolve muito rápido ao longo da costa pacífica da América do Norte, nas regiões costeiras do norte da Califórnia ao sul de Oregon, nos Estados Unidos, por isso recebe o nome popular de “*Coast Redwood*” (SUL & KORBAN et al., 2005).

Sua madeira possui cerne marrom avermelhado e alburno quase branco, apresenta baixa á moderada resistência à deterioração, boa estabilidade dimensional e características muito favoráveis para laminação e fabricação de painéis (USDA, 1999). Mesmo que possua uma densidade média relativamente baixa (0,31 g. cm⁻³), quando comparada às outras espécies nativas norte-americanas, sua madeira está entre as com maior durabilidade, sendo bastante utilizada para a construção de decks, cercas, pranchas, caixilhos de janelas e acabamentos internos, onde a aparência e a estabilidade são os principais requisitos (MARCHIORI, 1996; COWN, 2008).

É a espécie com as maiores árvores do mundo, perene, de vida longa, capaz de ultrapassar 2000 anos de idade e 100 m de altura (NOSS, 1999). Segundo Metcalf (1924), árvores de 20 anos geralmente tinham viabilidade menor que 1%, e as com mais de 1200 anos eram estéreis ou não ultrapassavam 3%, o máximo atingido foi em árvores progenitoras que tinham mais de 250 anos. A semente da espécie é considerada de difícil armazenamento com e é pequena e leve (265.000,00/kg), geralmente não necessita de um pré-tratamento para germinação, porém imersão em água durante à noite pode auxiliar no processo. Além disso, as taxas de germinação costumam ser baixas, menores que 15%, porém, após o beneficiamento correto podem ficar acima de 80% (WILSON et al., 2016).

Geralmente a produção de sementes é abundante todos os anos, apesar da influência que cada árvore e local atual implica. A idade mínima para boa produção e liberação de sementes é 20 anos, mas dos 60 aos 100 anos são as idades ótimas (USDA, 1948; FRITZ, 1958). A qualidade de germinação varia de acordo com o tamanho das sementes. Sementes que passaram pelas malhas de 12, 10 e 8 mesh tiveram, respectivamente, 2, 8 e 15 % de sementes viáveis (LOTT, 1923 *apud* CALKINS, 2000).

O clima ameno das florestas de sequoias com suas temperaturas uniformes é classificado como super úmido ou úmido (THORNTHWAITE, 1941). Os solos da sua região de origem variam de francos rochosos finos, em algumas encostas mais íngremes, á francos arenosos profundos em locais mais planos, com um subsolo argiloso (PERSON, 1937). Sequoias são tolerantes a solos ácidos e alcalinos, porém solos com 6,5 de pH são considerados ótimos para seu desenvolvimento. O tipo de solo influencia diretamente no desenvolvimento da espécie, por exemplo, em solos com grandes quantidades de magnésio e sódio as árvores não crescem (ZINKE, 1964).

4.2. *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz

Pertencente à família Cupressaceae, é a única espécie sobrevivente do gênero *Sequoiadendron*, ocorre naturalmente e de forma endêmica em uma faixa de 150 km² de bosques dispersos, na face oeste das montanhas de Sierra Nevada, parte central da Califórnia, em altitudes médias que vão de 1400m à 2400 m (SILLETT et al., 2020). Porém, segundo Weatherspoon (1990) as elevações dos remanescentes da espécie geralmente variam de 1.400 a 2.000 m no Norte e de 1.700 a 2.150 m no Sul. A menor ocorrência natural da espécie é de 830 m e a mais alta é de 2.700 m.

Popularmente chamada de “*Giant Redwood/Sequoia*”, é a espécie com a árvore mais maciça do mundo, com um espécime, a “*General Sherman Tree*”, possuindo quase 1500 m³ de volume, equivalente a 2100 toneladas de biomassa. Muitos exemplares podem alcançar 2000 anos de idade, ocasionalmente 3000 anos (WILSON et al., 2016).

Mais de um século de supressão de incêndios impediu o recrutamento suficiente de sequoias gigantes para manter as populações atuais (YORK et al., 2013). Além disso, as mudanças climáticas podem acentuar a limitação das populações da espécie na região de origem, devido a previsão de aumento da frequência de secas mais quentes (MILLAR & STEPHENSON, 2015).

A casca da parte inferior nos indivíduos maduros é espessa, macia, fibrosa e bastante fissurada com uma cor marrom-avermelhada, conferindo qualidades que tornam essas árvores extremamente resistentes ao fogo. Além disso, possuem taninos em sua composição que dão à madeira um tom de canela e também repelem insetos e fungos (WALKER, 2016).

Apesar do grande potencial em cultivar a espécie comercialmente, não é amplamente utilizada como recurso madeireiro. A maioria dos remanescentes nativos são manejados por agências federais (por exemplo, Parques Nacionais e Monumentos Nacionais), algumas poucas áreas privadas e estatais são manejadas com objetivo madeireiro (BENSON, 1989).

A produção de sementes pode iniciar antes dos 10 anos de idade, porém a maturidade reprodutiva normalmente ocorre entre 150 e 200 anos, não tendo senescência significativa ao passar dos anos. Seus cones são serotinosos, podendo permanecer presos ao caule, retendo sementes viáveis, sem abrir para liberação por 20 anos ou mais (WEATHERSPOON, 1990).

Não possui dormência, a germinação ocorre imediatamente, quando o canteiro é preparado de forma adequada, muitas vezes sendo utilizado fogo. A semente é pequena e leve (200.000,00/kg), alada e adequada para dispersão do tipo anemocórica (WILSON et al., 2016).

4.3. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco

“Douglas-fir” pertence à família Pinaceae, é uma espécie perene, e nativa do oeste da América do Norte. Seu status como uma espécie de importância ecológica e econômica é incontestável (SMITH et al., 2018). Com uma ampla distribuição geográfica, *P. menziesii* demonstra notáveis adaptações morfológicas e fisiológicas para enfrentar uma variedade de condições ambientais (MILLAR & WESTFALL, 2010).

Há duas variedades distintas conhecidas de “Douglas-fir”, *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*, que ocorre na região costeira, desde Vancouver ao longo das montanhas costeiras da Colúmbia Britânica até a Califórnia central, e *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, que é encontrado em regiões interiores no Canadá, como Alberta e Colúmbia Britânica, bem como nos estados de Washington e Oregon, nas Montanhas Rochosas, no sudoeste dos EUA e no México) (DUCIC et al., 2006).

Ducic et al. (2006) e Ducic & Polle (2007) observaram diferenças na absorção de nutrientes em mudas de Douglas-fir cultivadas em hidroponia dessas duas variedades, o que pode refletir adaptações aos ambientes ricos em nutrientes na área costeira da *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* e às condições menos favoráveis na variedade interior *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*.

Em povoamentos jovens, a produção de sementes de “Coast Douglas-fir” inicia aos 7-10 anos de idade, e mais tarde para “Blue Douglas-fir” (STEIN & OWNSTON, 2008).

Segundo Stein & Owston (2002) as sementes possuem dormência em que o grau varia de acordo com as coordenadas geográficas. No inverno as temperaturas são favoráveis para a quebra de dormência, então esta é superada naturalmente. Artificialmente, a dormência é superada por meio de estratificação a frio. Após a quebra de dormência, as sementes germinam em temperaturas que varia de 10 a 30°C, sem necessidade de luz. A viabilidade das sementes pode ser mantida por mais de uma década quando armazenadas nas condições ideais, ou seja, 18°C com teor de umidade de 5 a 9% (STEIN & OWSTON, 2002). A compreensão dos mecanismos de dormência e germinação também é essencial para a produção eficiente de mudas em viveiros (WONG & HAWKES, 1980).

A anatomia das sementes de *P. menziesii* revela características distintas. A presença de uma asa membranosa, que favorece a dispersão pelo vento, é uma adaptação notável (ARBELOA et al., 2018). A estrutura da semente inclui tanto o tegumento externo quanto o endosperma nutritivo, elementos essenciais para a sobrevivência inicial da plântula (PERRY & BORCHERT, 1988).

O processo de germinação é influenciado por diversos fatores, incluindo temperatura, umidade e qualidade do substrato (HARRINGTON, 1970). A presença de uma dormência

fisiológica nas sementes também é observada em algumas populações, com mecanismos que garantem a germinação somente em condições ambientais ideais (HARRINGTON, 1970; WONG & HAWKES, 1980). As sementes podem exibir uma dependência de luz para germinação, com a intensidade luminosa atuando como um sinal quebrador de dormência (WONG & HAWKES, 1980).

As características do solo desempenham um papel crucial no desenvolvimento e na distribuição das espécies vegetais, influenciando diretamente a ecologia e a fisiologia das plantas (SCHOENHOLTZ et al., 2000). Em solos mais pobres, *P. menziesii* desenvolve raízes mais profundas e finas, permitindo uma exploração mais eficiente das camadas mais profundas do solo em busca de recursos (CLAUSEN et al., 2010).

A composição química do solo também desempenha um papel fundamental no desenvolvimento das mudas de Douglas-fir. A concentração de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e cálcio, pode influenciar diretamente o crescimento, a produtividade e a resistência a estresses da espécie (TURNER et al., 2007). Além disso, as características físicas do solo, como textura e drenagem, também têm impactos significativos no desenvolvimento. Solos bem drenados são essenciais para evitar o encharcamento das raízes, o que pode resultar em estresses hídricos e diminuição do crescimento (HARRINGTON & ROBINETT, 2008).

A sensibilidade às geadas é muito variável, porém apresenta baixa sensibilidade às geadas tardias na primavera. Requer solos com, pelo menos, 40 cm de profundidade, pois necessita de uma reserva de água mínima, principalmente em climas secos, mas a profundidade ideal é de 60 cm, com litologia siliciosa ou calcária, tendo preferência em textura de solos argilosos, siltosos ou arenoso-siltoso, tendo pH entre 5 e 6 (GARCÍA et al., 2012).

4.4. Análise física e fisiológica de sementes

Para estudos sobre a propagação e o desenvolvimento de espécies, é fundamental conhecer a qualidade inicial das sementes, por meio de análises física (determinação do teor de água, pureza e raio x) e fisiológica (viabilidade), além de identificar as peculiaridades de cada espécie para interpretar os resultados de forma correta (LIMA, 2010).

A qualidade física representa a composição física, e pode ser relacionada à qualidade genética, de um lote de sementes de determinada espécie (TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977). Para determinação dessa característica pode ser realizada a determinação do grau de umidade, testes de raios x e pureza física, dentre outros. O teor de água da semente é influenciado diretamente pela umidade relativa do ar, ocorrendo troca de água por diferença de

potenciais hídricos, até que o equilíbrio higroscópico seja atingido (MARCOS FILHO, 2005). Sendo assim, é importante a determinação desse parâmetro para o armazenamento correto das sementes.

Fatores externos e internos são condicionantes para a germinação de uma semente. Água, temperatura, aeração e exposição à luz são considerados os principais fatores externos que influenciam a germinação. Já a viabilidade das sementes, genótipo, maturação e dormência são fatores internos que podem resultar em maior ou menor germinação. O conhecimento do comportamento fisiológico das sementes é fundamental para a definição de estratégias corretas de armazenamento, a fim de manter a longevidade (MEDEIROS, 1996).

Para determinar o potencial de germinação de uma determinada espécie são realizados testes de germinação, sendo recomendada a realização dos testes em laboratório onde, alguns ou todos, os fatores externos podem ser controlados. O teste de germinação é utilizado para análise fisiológica das sementes, a execução varia de acordo com as condições de cada espécie, descritas nas Regras para Análise de Sementes, mas em geral de fácil aplicação e interpretação dos resultados, porém o período para *S. sempervirens*, *P. menziesii* e *S. giganteum* varia entre 21 para as duas primeiras espécies e 28 dias para a última, sendo um teste que requer mais tempo para obtenção dos resultados.

Além disso, a viabilidade das sementes pode ser avaliada por outros testes, como o de tetrazólio. Este teste é realizado para determinação da viabilidade e vigor das sementes, preferencialmente, em que apresentam dormência, espécies recalcitrantes e que apresentam lenta germinação em testes de rotina e/ou alta porcentagem de sementes não germinadas. Este teste é uma alternativa ao teste de germinação devido ao menor tempo utilizado para a obtenção dos resultados.

No processo de identificação da viabilidade, as sementes viáveis tendem a absorver a solução de tetrazólio lentamente, desenvolvendo coloração mais suave do que sementes deterioradas, que adquirem coloração rosa forte (NOGUEIRA et al., 2014). Já para os tecidos mortos, não há atividade dessas enzimas, sendo caracterizados pela coloração branca ou amarelados e textura flácida (FRANÇA NETO, 1999).

Os testes realizados devem seguir os padrões das Regras para Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

4.5. Fatores determinantes na produção de mudas

O processo de produção de mudas é importante para o estabelecimento de plantas

adultas de boa qualidade. A obtenção de mudas de qualidade requer a utilização de substratos adequados para cada espécie, que forneçam os nutrientes necessários ao ótimo desenvolvimento das plantas.

O substrato é um dos fatores determinantes na produção de mudas em viveiro. A composição física e química do substrato, incluindo textura, drenagem, porosidade e concentração de nutrientes, afeta diretamente o crescimento radicular, a absorção de nutrientes e a qualidade geral das mudas (DOMINGUEZ et al., 2011). O substrato tem a função de sustentação, fornecimento adequado para o crescimento e funcionamento do sistema radicular, assim como condições nutricionais necessárias ao crescimento (WENDLING et al., 2006; HARTMANN et al., 2011).

Segundo Gomes & Paiva (2008), o substrato mais adequado é aquele que apresenta uniformidade na composição, baixa densidade, boa capacidade de campo, de troca catiônica, de retenção de água, de porosidade, mas, também adequada aeração e drenagem, não contendo pragas e patógenos. As propriedades químicas de um substrato são facilmente influenciadas pela disponibilidade de nutrientes minerais, os quais influenciam no desenvolvimento das mudas (CALDEIRA et al., 2011).

No entanto, as propriedades físicas requerem mais atenção do viveirista, visto que não podem ser modificadas, já as químicas podem ser manejadas mediante o uso de adubações, irrigação e fertirrigação (KÄMPF, 2005).

Além disso, as condições ambientais controladas no viveiro, como temperatura, umidade e luminosidade, também desempenham um papel crítico na produção de mudas florestais. A temperatura afeta o desenvolvimento foliar, o crescimento radicular e a eficiência na fotossíntese (GARCIA et al., 2007). A umidade influencia diretamente a absorção de água pelas raízes e a transpiração das folhas (VILLAR-SALVADOR et al., 2013). A luz, por sua vez, afeta o desenvolvimento das mudas desde a germinação até a formação de características morfológicas específicas (KRAUSS et al., 2003).

Entretanto, nem sempre o substrato é capaz de suprir todas as necessidades que a espécie requer, uma técnica prática e viável é a utilizada de fertilizantes de liberação controlada (FLC).

O Osmocote® é um dos principais fertilizantes de liberação controlada utilizados na produção de mudas, constituído por grânulos que contêm uma combinação homogênea de nutrientes (NPK), recoberta por uma resina orgânica, que regula o fornecimento de nutrientes (SCIVITTARO et al., 2004). Segundo Van Peer (1994) o uso de FLC reduz em 70% a lixiviação dos nutrientes e representa uma economia de 66% da quantidade aplicada em relação à fertilização convencional.

5. REFERÊNCIAS

- ALDEN, H. A. **Softwoods of North America**. US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1997.
- ARBELOA, I. et al. Germination strategies of Pinaceae species in relation to phylogenetic and ecological factors. **Trees**, 32 (5), 1291-1304. 2018.
- ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS (ACR). **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2022**. Lages: ACR, 2022. 104 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.
- BENSON, N. J. Management of giant sequoia on Mountain Home Demonstration State Forest. In: WEATHERSPOON, C. P.; IWAMOTO, Y. R.; PIIRTO, D. D. **Proceedings of the workshop on management of giant sequoia**; Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, US Department of Agriculture: p. 30-31. 1986.
- COWN, D. J. & MCKINLEY, R. B. **Are we ready for redwoods?** Wood Processing Newsletter, Issue 42. Rotorua, New Zealand: Scion. 2008.
- COWN, D. Redwood in New Zealand—an end-user perspective. **New Zealand Journal Forest**, v. 52, n.4, p. 35–41, 2008.
- CUNHA, A. B. et al. Propriedades físicas de painéis de partículas de média densidade de *Sequoia sempervirens*. In: **VIII Simpósio de Pós-Graduação em Ciências Florestais**. 2014.
- COX, L. E.; YORK, R. A.; BATTLES, J. J. Growth and form of giant sequoia (*Sequoiadendron giganteum*) in a plantation spacing trial after 28 years. **Forest Ecology and Management**, v. 488, p. 119033, 2021.
- CALDEIRA, M. V. W. A. et al. Propriedades de substratos para produção de mudas florestais. In: CALDEIRA, M. V. W.; GARCIA, G. O.; GONÇALVES, E. O.; ARANTES, M. D. C.; FIEDLER, N. C. **Contexto e Perspectivas da Área Florestal no Brasil**. Alegre, ES: Suprema, p. 141-160, 2011.
- CLAUSEN, J. C., CLARY, W. P., & SHAW, C. G. Douglas-fir growth in relation to soil water and depth to bedrock in northern Idaho. **Forest Science**, 56(3), 266-277. 2010.
- DIEL, J. & FRIZZO, S. Estudos de caracterização da *Sequoia sempervirens* para produção de celulose Kraft. In: **Anais do 35º Congresso e exposição anual de celulose e papel**. 2002.
- DOMINGUEZ, J., GUTIERREZ, E., & EDWARDS, C. A. Soil restoration with organic amendments: linking cellular functionality and ecosystem processes. **Scientific Research and Essays**, 6 (11), 2306-2319. 2011.

DUCIC, T., LEINEMANN, L., FINKELDEY, R., POLLE, A. **Uptake and translocation of manganese in seedlings of two varieties of Douglas fir** (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* and *glauca*). *New Phytologist* 170, 11–20. 2006.

DUCIC, T. & POLLE, A. **Manganese toxicity in two varieties of Douglas fir** (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* and *glauca*) **seedlings as affected by phosphorus supply**. *Functional Plant Biology* 34, 31–40. 2007.

FRITZ, E. **Silviculture of coast redwoods**. *Timber* 2:10, 46, 53, 59, 60, illus. (Published by Students of Univ. Calif. School of Forestry). 1958.

FRANÇA NETO, J. B. et al. Teste de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 1-7, 1999.

GARCÍA, P. J. et al. *Pseudotsuga menziesii* Mirb. In: GARCÍA, P. J. et al. Producción y manejo de semillas y plantas forestales. Tomos I y II. Organismo autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura, **Alimentación y Medio Ambiente**, 2012.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Produção de mudas de eucalipto por sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, p. 14-22, 2008.

GARCIA, D. G., SANTOS, P. F., & TOREZAN, J. M. D. Effects of temperature on seed germination, seedling emergence and establishment of common weed species. **Planta Daninha**, 25 (2), 283-291. 2007.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. *Plant propagation: principles and practices*. 8th. ed. Boston: **Prentice-Hall**, p. 915, 2011.

HARRINGTON, C. A. Germination and early growth of Douglas-fir as affected by temperature, humidity, and medium. **Forest Science**, 16 (4), 473-477. 1970.

HARRINGTON, C. A., & ROBINETT, D. L. Tree response to skidding disturbance in a Pacific Northwest Forest. **Forest Ecology and Management**, 255 (7), 2902-2911. 2008.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório IBÁ 2022 ano base 2021**. Brasília: IBÁ, 96 p., 2022.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis compensados fenólicos com lâminas de madeira de *Sequoia sempervirens*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 264-270, 2013.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. 2.ed. **Guaíba: Agrolivros**, p. 45-72. 2005.

KRAUSS, S. L., KOCH, J. M., & DIXON, K. W. Habitat differentiation of a rare woodland daisy: implications for population dynamics. **Journal of Ecology**, 91(3), 453-463. 2003.

KOCH, G. W. et al. The limits to tree height. **Nature**, v. 428, n. 6985, p. 851-854, 2004.

KNAPP, E. E. et al. Long-term overstory and understory change following logging and fire exclusion in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. **Forest Ecology and Management**, v. 310, p. 903-914, 2013.

LOTT, H. C. The productivity and viability of redwood (*Sequoia sempervirens*) seed. (Unpublished master's thesis on file at Univ. Calif., Berkeley.) 1923. *Apud* CALKINS, J. D. **Dynamic mate choice and mating behavior in California Quail**. University of California, Irvine, 2000.

LIMA, M. J.V. **Manual de Procedimentos para Análise de Sementes Florestais**. UFAM - Manaus-Amazonas, Brasil. p. 1-146, 2010.

METCALF, Woodbridge. Artificial reproduction of redwood (*Sequoia sempervirens*). **Journal of Forestry**, v.22, n. 8, p. 873-893, 1924.

MEDEIROS, A. C. de S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.** Tese (Doutorado) – UNESP, Jaboticabal. 127 f, 1996.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, p. 1-495, 2005.

MARCHIORI, J.N.C. Dendrologia das Gimnospermas. Ed. UFSM, 1996 citado por DIEL J. e FIZZO, S. Estudos de caracterização da *Sequoia sempervirens* para produção de celulose Kraft. *In*: 35o Congresso e exposição anual de celulose e papel. **Anais...** São Paulo, 2002.

MILLAR, C. I., & WESTFALL, R. D. Distribution and climatic relationships of the American species of *Pseudotsuga*. **Canadian Journal of Forest Research**, 40(7), 1283-1295. 2010.

MILLAR, C. I. & STEPHENSON, N. L. Temperate Forest health in an era of emerging mega disturbance. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 823-826, 2015.

NOSS, R. F. The redwood forest: history, ecology, and conservation of the coast redwoods. **Island Press**, 1999.

NOGUEIRA, N. W; TORRES, S. B; DE FREITAS, R. M. O. Teste de tetrazólio em sementes de timbaúba. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2967-2975, 2014.

PEREIRA, M. O. **Resgate, propagação vegetativa e crescimento inicial de *Sequoia sempervirens* (d. Don) Endl.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 2018.

PERSON, H. L. **Commercial planting on redwood cut-over lands**. US Department of Agriculture, 1937.

PERRY, D. A., & BORCHERT, M. I. Seed development and germination in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) as related to tree and crown position. **Canadian Journal of Forest Research**, 18(9), 1115-1124. 1988.

RICKEN, P. et al. Crescimento e incremento de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., São Joaquim, SC. In: Congresso florestal paranaense, Curitiba. **Anais...**: Malinovski Florestal, 2012.

STUART, J. Redwoods and green spaces – focussing on common goals can keep both in the landscape. **California Forests**, v. 11, p. 8-9, 2007.

STEIN, W.I., OWNSTON, P.W. *Pseudotsuga*. The woody plant seed manual (BONNER F.T., KARRFALT R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, **Agriculture Handbook 727**, Washington. p. 891-904, 2008.

STEIN, W.I., OWNSTON, P.W. *Pseudotsuga* Carr. **The woody plant seed manual** (BONNER, F.T.; NISLEY, R. G.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington. p. 32, 2002.

SCIVITTARO, W. B; OLIVEIRA, R. P; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 520-523, 2004.

SUL, Ill-W., & KORBAN, S. S. Direct shoot organogenesis from needles of three genotypes of *Sequoia sempervirens*. **Plant cell, tissue and organ culture**, v. 80, p. 353-358, 2005.

STEPHENSON, N. L. Estimated ages of some large giant sequoias: General Sherman keeps getting younger. Madroño, **California Botanical Society**, Vol. 47, n. 1, p. 61-67, 2000.

SILLETT, Stephen C. et al. Comparative development of the four tallest conifer species. **Forest Ecology and Management**, v. 480, p. 118688, 2021.

SMITH, K. T et al. Douglas-Fir. In: D. J. MANTER & S. K. JAIN. **Trees V** (p. 141-166). Springer. 2018.

SCHOENHOLTZ, S. H., VAN MIEGROET, H., & BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, 138(1-3), 335-356. 2000.

TOLEDO F. F.; MARCOS FILHO J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. Piracicaba: Editora Agrônômica Ceres, p. 1-224, 1977.

THORNTHWAITE, C. W et al. **Atlas of climatic types in the United States**, 1900-1939. 1941.

TURNER, D. P. Evaluation of MODIS NPP and GPP products across multiple biomes. **Remote Sensing of Environment**, 112 (3), 1419-1432. 2007.

USDA, **Wood Handbook**: Wood as an engineering material. Forest Products Laboratory, Forest Service, United States Department of Agriculture, US Government Printing Office, 1999.

USDA. **Woody plant seed manual**. Forest Service, United States Department of Agriculture, US Government Printing Office, 654, 416 pp., illus. 1948.

VAN PEER, A. The use of combined nutrient systems to control nutrient losses. *In: International Symposium on Growing Media & Plant Nutrition in Horticulture* 401. p. 347-350, 1994.

VIDAKOVIC, M. Conifers: morphology and variation. **Graficki Zavod Hrvatske** publisher. pp. 623-636. 1991.

VILLAR-SALVADOR, P. Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. **New Forests**, 44 (5), 755-770. 2013.

VAN MANTGEM, P. J. et al. Widespread increase of tree mortality rates in the western United States. **Science**, v. 323, n. 5913, p. 521-524, 2009.

WILSON, S. M. et al. The Redwoods and Red Cedar. **Quarterly Journal of Forestry**, v. 110, n. 4, p. 244-256, 2016.

WEATHERSPOON, C. P. *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz Giant Sequoia. *In: BURNS, R. M. Silvics of North America: Conifers*. US Department of Agriculture, Agricultural Handbook, v. 1, p. 552-562, 1990.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 130). 2006.

WALKER, T. Are Giant Sequoia Trees Succumbing to Drought? *Scientific American*, 2016.

WONG, J. M., & HAWKES, B. C. Physiology of germination in Douglas-fir. **Canadian Journal of Forest Research**, 10(4), 551-560. 1980.

WILLARD, D. **A guide to the sequoia groves of California**. Yosemite Association, El Portal, California. p. 6-7, 2000.

YORK, R. A. et al. A natural resource condition assessment for Sequoia and Kings Canyon National Parks: **Appendix 11a: giant sequoias**. 2013.

ZINKE, P. J. Soils and ecology of redwoods. **Forestry Seminar Series**, Fall-Winter. University of California. Agr. Ext. Service, pp. 26-44, illus. 1964.

6. CAPÍTULO I – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii*

6.1. RESUMO

Devido ao potencial econômico aliado à escassez de informações disponíveis relacionadas às sementes e mudas dessas espécies, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade física e fisiológica das sementes, bem como a produção de mudas, utilizando diferentes substratos em *Pseudotsuga menziesii*, *Sequoia sempervirens* e *Sequoiadendron giganteum*, além de doses de fertilizantes de liberação controlada em *S. giganteum*. Foi empregado um lote de sementes dividido em duas partes, designadas como Lote A1 e Lote A2 (no qual as sementes foram armazenadas), com quatro repetições de 25 sementes, totalizando 100 sementes por tratamento. Além disso, o processo de beneficiamento com uso de soprador foi aplicado para avaliar sua influência na germinação das sementes das espécies, bem como a determinação da metodologia alternativa de tetrazólio para *Pseudotsuga menziesii* e a definitiva para *S. giganteum* e *S. sempervirens*, com a utilização de concentrações de 0,1%, 0,5% e 1,0%. No estudo realizado no viveiro, foram conduzidos experimentos com substratos comerciais, envolvendo cinco composições diferentes, e doses de fertilizante de liberação controlada (0, 2, 4, 6, 8 g L⁻¹) exclusivamente para *S. giganteum*. Os parâmetros avaliados incluíram sobrevivência (%), diâmetro do coleto (mm) e altura (cm). A análise dos dados revelou a ausência de efeito significativo da concentração de tetrazólio, indicando que a concentração de 0,1% é a mais apropriada para todas as espécies, sendo, portanto, recomendada para otimizar o processo de avaliação da qualidade das sementes. Com base nos resultados do teor de água, é possível presumir que as sementes se enquadram na categoria de sementes ortodoxas, embora estudos relacionados ao armazenamento sejam necessários para confirmação. O peso de mil sementes indica que estas são de pequeno porte, o que auxilia no cálculo do número de sementes necessárias para uma semeadura adequada. Em relação à qualidade fisiológica, observou-se uma baixa porcentagem de germinação, que é principalmente atribuída à inviabilidade das sementes e à presença de sementes vazias. No entanto, as mudas produzidas no viveiro apresentaram uma taxa de sobrevivência significativamente elevada, ultrapassando os 80%. Houve diferenças significativas entre os substratos utilizados para as três espécies, e as diferentes doses de fertilizante de liberação controlada influenciaram o desenvolvimento inicial de *S. giganteum*. Portanto, os substratos mais adequados para a produção de mudas foram identificados como SI (turfa, vermiculita, resíduo orgânico classe A - casca de arroz torrada - e calcário) para *Sequoiadendron giganteum*, SIV (casca de pinus, cinzas, vermiculita, turfa, serragem e bioestabilizados) para *Sequoia sempervirens* e SIII (casca de pinus, vermiculita e cinzas) para *Pseudotsuga menziesii*. Além disso, a dose de fertilizante recomendada para a produção de mudas de *S. giganteum* é de 4 g L⁻¹.

Palavras-chave: planta jovem; Redwood; Douglas-fir; tetrazólio; viveiro florestal; germinação de sementes.

6.2. ABSTRACT

Due to the economic potential coupled with the scarcity of available information related to the seeds and seedlings of these species, the present study aimed to assess the physical and

physiological quality of seeds and seedling production using different substrates in *Pseudotsuga menziesii*, *Sequoia sempervirens*, and *Sequoiadendron giganteum*, as well as controlled-release fertilizer doses in *S. giganteum*. A batch of seeds was divided into two parts, designated as Batch A1 and Batch A2 (in which the seeds were stored), with four replicates of 25 seeds, totaling 100 seeds per treatment. Additionally, a blowing process was employed to evaluate its influence on the germination of seeds from these species, along with the determination of the alternative tetrazolium methodology for *Pseudotsuga menziesii* and the definitive one for *S. giganteum* and *S. sempervirens*, using concentrations of 0.1%, 0.5%, and 1.0%. In the nursery study, experiments were conducted using commercial substrates, comprising five different compositions, and controlled-release fertilizer doses (0, 2, 4, 6, 8 g L⁻¹) exclusively for *S. giganteum*. The parameters assessed included survival (%), stem diameter (mm), and height (cm). Data analysis revealed no significant effect of tetrazolium concentration, indicating that the concentration of 0.1% is the most suitable for all species, and it is therefore recommended to optimize the seed quality assessment process. Based on the results of water content, it can be presumed that the seeds fall into the category of orthodox seeds, although studies related to storage are needed for confirmation. The thousand seed weight indicates that these seeds are small in size, which aids in calculating the number of seeds required for proper sowing. Regarding physiological quality, a low germination percentage was observed, primarily attributed to seed inviability and the presence of empty seeds. However, the seedlings produced in the nursery exhibited a significantly high survival rate, surpassing 80%. There were significant differences between the substrates used for all three species, and the various controlled-release fertilizer doses influenced the initial development of *S. giganteum*. Therefore, the most suitable substrates for seedling production were identified as SI (peat, vermiculite, organic residue class A - roasted rice husk - and limestone) for *Sequoiadendron giganteum*, SIV (pine bark, ashes, vermiculite, peat, sawdust, and biostabilized materials) for *Sequoia sempervirens*, and SIII (pine bark, vermiculite, and ashes) for *Pseudotsuga menziesii*. Additionally, the recommended fertilizer dose for *S. giganteum* seedling production is 4 g L⁻¹.

Keywords: seedling; Redwood; Douglas-fir; tetrazolium; forestry nursery; seed germination.

6.3. INTRODUÇÃO

A demanda pelo cultivo de novas espécies florestais tem sido crescente e a madeira de espécies mais nobres vem sendo cada vez mais valorizada economicamente. A introdução de novas espécies no setor florestal brasileiro desempenha um papel crucial na diversificação do mercado madeireiro, especialmente considerando que, no Brasil, a grande maioria das florestas plantadas é composta por pinus e eucaliptos, totalizando aproximadamente 9 milhões de hectares dedicados a essas espécies (IBÁ, 2022).

Nesse contexto, destaca-se o potencial das espécies sequoia (*Sequoia sempervirens*) e sequoia-gigante (*Sequoiadendron giganteum*) como alternativas valiosas para a expansão do mercado florestal. A introdução e o cultivo dessas espécies podem contribuir para uma maior diversidade de produtos madeireiros, ampliando as oportunidades econômicas e fortalecendo a sustentabilidade do setor florestal brasileiro.

Sequoia sempervirens (D. Dom) Endl. é uma espécie de planta hexaplóide pertencente à família Cupressaceae (OLSEN et al., 1990). Essa espécie é nativa da costa oeste da Califórnia, nos Estados Unidos, e demonstra grande potencial para ser introduzida no setor florestal brasileiro devido a suas características vantajosas. Destaca-se por seu rápido crescimento e por sua resistência notável a ataques de patógenos e doenças (FINS & LIBBY, 1982). Além disso, a madeira da *Sequoia sempervirens* é considerada moderadamente durável, apresentando uma coloração profundamente avermelhada e uma baixa densidade, registrada em 0,42 g/cm³ (PÉREZ, 1983; WILSON et al., 2016).

A boa usinabilidade e aderência para tintas e vernizes, e ausência de resinas, típicas de madeira de coníferas, são as características que favorecem o uso da madeira das espécies de sequoia (SPICHINGER, 2004). A madeira dessa espécie é denominada pelo mercado florestal como madeira de alto valor agregado, devido às características positivas para fabricação de painéis, laminação e celulose (DIEL; FRIZZO, 2002). A combinação dessas características faz da *Sequoia sempervirens* uma opção promissora para diversificar a base de espécies florestais utilizadas no Brasil.

Sequoiadendron giganteum (Lindl.) Buchholz também pertence à família Cupressaceae e foi descoberta em meados do século dezanove, é popularmente conhecida como sequoia, sequoia-gigante, e “*Sierra Redwood*”, e devido a sua enorme robustez e longevidade despertou interesse científico e comercial. Embora a maioria das florestas compostas por essa espécie estejam sobre status de proteção, na sua distribuição natural, fora dessas áreas territoriais a espécie se desenvolve bem e é considerada ornamental, além de demonstrar potencial promissor para produção de madeira (WEATHERSPOON, 1990). Além das sequoias, a espécie conhecida como Douglas-fir, cientificamente denominada de *Pseudotsuga menziesii* também pode entrar para a lista de espécies potenciais alternativas.

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco é uma conífera da família Pinaceae, nativa da costa oeste da América do Norte e possui uma das madeiras mais valiosas e importantes no mundo (HERMANN & LAVENDER, 1990). Sua madeira apresenta alburno estreito e de cor clara, geralmente com menos de 5 cm de largura. Este fato se comprova especialmente em povoamentos naturais antigos, mas em material de crescimento secundário pode ter até 7,5 cm de largura. Já o cerne varia de amarelado ao marrom avermelhado. O lenho precoce e o lenho tardio apresentam expressiva diferença de cor, sendo o lenho tardio mais escuro. Essas diferenças de cor resultam em um padrão de grão distinto quando uma tora é serrada ou usada na laminação (OECD, 2010).

Para o cultivo satisfatório dessas espécies é necessário conhecer aspectos relacionados à produção de mudas, sejam sexuados ou assexuados, bem como o comportamento das sementes e mudas dessa espécie, para que sejam desenvolvidas técnicas satisfatórias de cultivo. Na literatura, alguns estudos abordam a multiplicação assexuada da *S. sempervirens*, como a propagação vegetativa por estaquia (BRIX, 1974; FINS et al., 1980; NAVROSKI et al., 2015) e *in vitro* (CHENG, 1975; BERTHON; BOYER; GASPAS, 1987; MONTEUUIS, 1991). Para *S. giganteum* e *P. menziesii* as informações ainda são bastante escassas, necessitando a realização de estudos.

Ter conhecimento da qualidade inicial das sementes de espécies alternativas é fundamental para o desenvolvimento de estudos sobre a propagação e o crescimento das mudas (LIMA, 2010). Ela é avaliada em dois aspectos principais: qualidade fisiológica e física. Para a determinação da qualidade fisiológica de sementes é necessário atestar a viabilidade das sementes, onde os testes de germinação e tetrazólio são os mais utilizados.

O teste de germinação vem sendo muito utilizado para estimar a viabilidade de sementes, sendo o tempo de finalização do teste para *S. sempervirens* e *P. menziesii* em cerca de 21 dias e para *S. giganteum* de 28 dias (BRASIL, 2009). Porém, o teste de tetrazólio é mais vantajoso em relação ao tempo de finalização e eficiência nos resultados, sendo uma opção na análise da qualidade de sementes, principalmente para recalcitrantes e/ou com germinação lenta. Entretanto, é importante frisar que não há definição de metodologia deste teste para *S. sempervirens* e *S. giganteum*.

No teste de tetrazólio, as sementes permanecem em contato com uma solução incolor de cloreto de tetrazólio (2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio), que é absorvida pelos tecidos vivos da semente. Nos tecidos que apresentam atividades respiratória e metabólica normais, as enzimas do grupo das desidrogenases liberam íons hidrogênio (H^+) com os quais o sal 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio reage, formando um composto insolúvel e estável, de coloração avermelhada, denominado trifenilformazan (AOSA, 2009). O teste de tetrazólio também pode complementar resultados do teste de germinação de lotes com sementes dormentes ao final do teste e diagnosticar causas de deterioração (KRZYZANOWSKI, VIEIRA & FRANÇA NETO, 1999).

A qualidade física representa a composição física, e pode ser relacionada à qualidade genética, de um lote de sementes de determinada espécie. Está relacionada a aspectos como presença de danos, sementes de outras espécies, teor de água e massa das sementes, e pode ser realizada por meio de testes como determinação do grau de umidade, raios X, pureza física e peso de mil sementes (MARCOS FILHO, 2005). As informações a respeito da qualidade física

e fisiológica das sementes apresentam um impacto na produção de mudas florestais, pois irá auxiliar a identificar o tempo de germinação e as necessidades das sementes de cada espécie.

A produção de mudas florestais em viveiro desempenha um papel crucial na restauração ecológica, silvicultura e conservação da biodiversidade, sendo um processo complexo influenciado por uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos (LANDIS et al., 2010). A compreensão aprofundada desses fatores é fundamental para otimizar a qualidade e a eficácia das mudas produzidas (KRAUSS et al., 2003). Assim, diversos fatores são essenciais no processo de produção das mudas, como a escolha do substrato adequado.

A composição do substrato é um fator fundamental na produção das mudas em viveiro, pois diferentes espécies florestais apresentam requerimentos específicos quanto à textura, porosidade e capacidade de retenção de água do substrato (DOMINGUEZ et al., 2011). A escolha adequada do substrato influencia diretamente o desenvolvimento radicular, a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, a qualidade das mudas (CICCARESE et al., 2020). Além disso, a fertilização dos substratos é muito importante pois irá influenciar diretamente na qualidade das mudas produzidas, acelerando consideravelmente o desenvolvimento e reduzindo os custos de produção (MENDONÇA et al., 2007).

No mercado atual, existe uma ampla variedade de fertilizantes disponíveis, caracterizados por diferenças em composição química, forma física (pó, grânulos ou formulações encapsuladas) e taxa de solubilidade (VALERI & CORRADINI, 2000; MORAES NETO et al., 2003). Os fertilizantes mais comumente empregados na adubação de cobertura fornecem nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, sob a forma de formulações solúveis, aplicadas através de soluções aquosas.

No contexto da produção de mudas vegetais, a adoção de fertilizantes de liberação controlada tem emergido como uma alternativa vantajosa. Esses fertilizantes são incorporados ao substrato no momento de sua preparação, eliminando assim a necessidade de adubação subsequente durante o cultivo das mudas. Esse método apresenta benefícios significativos, resultando em mudas de melhor qualidade (BARBIZAN et al., 2002; MENDONÇA et al., 2008).

Uma das vantagens notáveis desses fertilizantes de liberação controlada reside na sua capacidade de disponibilizar gradualmente os nutrientes essenciais às mudas, mantendo os níveis adequados desses elementos constantes ao longo de todo o período de crescimento. Isso não apenas simplifica a gestão do viveiro, mas também contribui para um crescimento mais uniforme e vigoroso das mudas, o que é fundamental para a produção bem-sucedida de plantas de qualidade (NAVROSKI et al., 2016).

Devido ao potencial econômico juntamente com a escassez de informações disponíveis relacionadas às sementes e mudas destas espécies. O presente estudo teve como objetivo estabelecer uma metodologia para a realização do teste de tetrazólio em sementes de *Sequoia sempervirens* e *Sequoiadendron giganteum*, bem como desenvolver uma metodologia alternativa para o teste de tetrazólio em sementes de *Pseudotsuga menziesii*. Além disso, buscou-se avaliar tanto a qualidade física quanto a fisiológica das sementes dessas espécies e testar a eficácia de substratos comerciais na produção de mudas de *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii*. Um aspecto adicional deste estudo foi investigar a influência de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de *Sequoiadendron giganteum*.

6.4. MATERIAL E MÉTODOS

6.4.1. Material seminal

A origem das sementes de *Sequoia sempervirens* é do Reino Unido, de *Sequoiadendron giganteum* da Romênia e *Pseudotsuga menziesii* de Bragança (Portugal). A coleta das sementes de todas as espécies ocorreu entre os meses de julho e agosto de 2020. As sementes foram transportadas para o Laboratório de Sementes Florestais (LSF), localizado no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), no município de Lages, SC, onde foram separadas em duas porções para a condução dos experimentos. Uma das porções foi denominada Lote A1 e outra denominada Lote A2, esta segunda manteve armazenada durante um ano, em temperatura inferior a 7° C, em pacotes plásticos com vedação, até sua avaliação.

6.4.2. Definição de metodologia para teste de tetrazólio

Para estabelecer a metodologia de teste de tetrazólio para *Sequoia sempervirens* e *Sequoiadendron giganteum*, bem como desenvolver uma abordagem alternativa para *Pseudotsuga menziesii*, foi adotado o protocolo recomendado nas Regras para Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), originalmente destinado à espécie *P. menziesii*.

A tabela a seguir apresenta o experimento realizado, seguido das espécies utilizadas e os respectivos tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Experimento realizado nas sementes de *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii* utilizando diferentes concentrações de tetrazólio.

Experimento	Espécies	Tetrazólio /Tratamentos
Metodologia do teste de tetrazólio	<i>S. sempervirens</i> , <i>S. giganteum</i> e <i>P. menziesii</i>	0,0 % (teste de germinação)
		0,1 %
		0,5 %
		1,0 %

Fonte: própria autora (2023).

O procedimento teve início com a imersão das sementes em água por um período de 18 horas. Essa etapa tinha o objetivo de ativar o metabolismo das sementes e facilitar a absorção da solução de tetrazólio. Em seguida, as sementes foram seccionadas longitudinalmente (ao longo do embrião) e acomodadas em copos plásticos. Após foram então submersas em soluções de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio em diferentes concentrações, correspondentes aos tratamentos de 0,1%, 0,5% e 1,0%. Vale ressaltar que a concentração de 1,0% foi recomendada pelas RAS como padrão.

As sementes, após imersas nas soluções de tetrazólio, foram mantidas no escuro a uma temperatura constante de 30°C por um período de 6 horas. A determinação desse período de incubação específico foi resultado de testes preliminares realizados para otimizar a metodologia. Esse procedimento permitiu a avaliação da viabilidade das sementes com base nas reações de coloração observadas durante o teste de tetrazólio. Após o período de coloração, as sementes foram submetidas a um processo de lavagem em água corrente, seguido da avaliação das características de uniformidade e intensidade das colorações observadas nos tecidos das sementes, sendo classificadas em viáveis e inviáveis.

Para a classificação da viabilidade do embrião, foram definidas quatro subclasses distintas. A subclasse 1 foi reservada para os embriões considerados viáveis, os quais apresentaram características que incluem uma coloração que variava de rosa brilhante a vermelho claro, bem como tecidos com uma aparência normal e firme. Por outro lado, os embriões considerados inviáveis apresentavam descoloração em mais de 80% dos tecidos. Nesse contexto, a subclasse 2, engloba embriões com mais de 80% de tecidos descoloridos, e a subclasse 4, na qual todos os tecidos se encontravam totalmente descoloridos (Figura 1).

Figura 1 – Embriões de *S. sempervirens* (a, b e c) e *S. giganteum* (c, d e f) representando as subclasses 1 (a; d), 2 (b; e) e 4 (c; f) desenvolvidas para avaliação das sementes no teste de tetrazólio.



Fonte: própria autora (2023).

Importante destacar que a subclasse 3 foi especificamente definida para *P. menziesii* devido ao padrão do grau de coloração caracteristicamente observado nos embriões inviáveis dessa espécie (Figura 2).

Figura 2 – Embriões de *Pseudotsuga menziesii* representando as subclasses 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d) desenvolvidas para avaliação das sementes no teste de tetrazólio.



Fonte: própria autora (2023).

Além disso, procedeu-se à contagem das sementes deterioradas, vazias e predadas. Foram classificadas como sementes deterioradas aquelas que exibiam coloração preto-avermelhada e/ou apresentavam consistência flácida (Figura 3). As sementes predadas foram identificadas apenas nas sementes de *P. menziesii*, e foram denominadas assim pois ao realizar a abertura das sementes era possível observar todo seu interior preenchido pela larva de um inseto (Figura 4).

Figura 3 – Sementes com consistência flácida e preenchida por tanino de *Sequoia sempervirens* (a e b); Sementes vazia e preenchida por tanino de *Sequoiadendron giganteum* (c e d).



Fonte: própria autora (2023).

Foi conduzido um teste de germinação, o qual enquadrou-se como tratamento testemunha, com o propósito de efetuar uma comparação com os resultados obtidos a partir do teste de tetrazólio. O teste consistiu no uso de 100 sementes dispostas em *gerbox* (caixas de plástico transparente, 11x11cm) sobre papel filtro mata-borrão, a 25°C sob luz constante, em germinadores tipo B.O.D. O procedimento seguiu as diretrizes estabelecidas pelas Regras de Análises de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

Essas sementes foram previamente umedecidas com água destilada em quantidade correspondente a 2,5 vezes o peso seco do papel. A avaliação final da percentagem de germinação foi realizada aos 21 dias após a semeadura, porém foi substituída por uma última avaliação no trigésimo dia devido à característica de germinação lenta apresentada pelas sementes. Os testes de germinação e tetrazólio foram realizados em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos de quatro repetições compostas por 25 sementes cada, totalizando em 100 sementes por tratamento, sendo aplicado às duas porções do lote (A1 e A2).

6.4.3. Qualidade física e fisiológica

As sementes foram submetidas a avaliações de qualidade física (teor de água e peso de mil sementes) e fisiológica (teste de germinação e tetrazólio). Para a determinação do teor de água, foram empregados 4 g de sementes, distribuídos em duas repetições de 2 g cada, de acordo com as orientações da RAS. Após um período de secagem em estufa a 105 ± 2 °C ao longo de 24 horas, as sementes foram transferidas para um dessecador por 15 minutos, seguido de pesagem em uma balança analítica. Os resultados foram expressos em porcentagem com base no peso úmido das sementes. Para o peso de mil sementes foram utilizadas oito repetições de 100 sementes, onde foi mensurado o peso em gramas e realizado somatório (BRASIL, 2009).

Também realizou-se o teste de germinação para verificação da viabilidade das sementes. O teste consistiu no uso de 100 sementes dispostas em *gerbox* (caixas de plástico transparente, 11x11cm) sobre papel filtro mata-borrão e umedecida com água destilada (2,5x o peso seco do papel), a 25°C sob luz constante, em germinadores tipo B.O.D.

As análises da porcentagem de germinação, em concordância com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), foi efetuada uma avaliação no período de 21 dias após a sementeira. Porém, esta foi substituída por outra realizada no trigésimo dia, devido à observação de uma germinação de progressão mais lenta das sementes. Durante a avaliação, foram examinadas sementes com diferentes condições: germinadas, duras, deterioradas e vazias. Foram categorizadas como germinadas aquelas que manifestaram uma protusão radicular de pelo menos 1 mm e plântulas normais, enquanto as sementes consideradas deterioradas apresentaram um preenchimento de coloração preto-avermelhada e/ou uma textura flácida (Figura 3).

Por fim, um teste de tetrazólio foi conduzido nas sementes que foram submetidas ao teste de germinação, mas não germinaram, sendo categorizadas como "duras". Para a realização do teste, as sementes foram seccionadas longitudinalmente, ou seja, cortadas ao longo do embrião, e em seguida, foram colocadas em recipientes plásticos. Esses recipientes foram então imersos em uma solução contendo 2,3,5 – trifetil cloreto de tetrazólio, na concentração de 0,1%. As sementes foram mantidas no escuro a uma temperatura de 30°C, ao longo de 12 horas, para permitir a reação de coloração.

Após o período de coloração, as sementes foram lavadas em água corrente e submetidas à avaliação das colorações que surgiram nos tecidos. A análise considerou a uniformidade e a intensidade das colorações exibidas pelos diversos componentes das sementes. Com base nessa análise, as sementes foram classificadas em duas categorias: viáveis e inviáveis. Para determinar a viabilidade, foi adotado os critérios citados e descritos no item 6.4.2.

O teste de germinação foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, utilizando quatro repetições compostas por 25 sementes cada, totalizando em 100 sementes.

6.4.4. Beneficiamento das sementes com uso do soprador

Apenas as sementes classificadas como Lote A1 foram submetidas ao beneficiamento com uso de soprador aplicado a uma abertura de 2 cm com uma duração de 5 minutos. Após essa etapa de beneficiamento, as sementes foram submetidas a um teste de germinação, sendo as sementes selecionadas com base no critério de permanecerem no fundo do soprador e que, em teoria, mantiveram sua integridade e foram consideradas completas.

Por fim, um teste de tetrazólio foi conduzido nas sementes que foram submetidas ao teste de germinação, mas não germinaram, sendo caracterizadas como “duras”, conforme descrito no item 6.4.3. Com base nos critérios de viabilidade (descrito no item 6.4.2) foram estabelecidas quatro subclasses para avaliar a viabilidade do embrião, onde as subclasses 2, 3 e 4 correspondiam a sementes consideradas não viáveis, enquanto a subclasse 1 correspondia a sementes viáveis (Figura 1 e Figura 2).

O teste de germinação consistiu em um delineamento inteiramente casualizado, utilizando quatro repetições compostas por 25 sementes cada, totalizando em 100 sementes. A avaliação dos dados consistiu na comparação de porcentagem de sementes germinadas com beneficiamento e sem o beneficiamento com soprador.

6.4.5. Produção de mudas em viveiro

O estudo foi conduzido no Viveiro Florestal situado no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), localizado em Lages-SC. Foram utilizadas sementes, sem separação de porções por armazenamento, e semeadas de forma indireta em sementeiras, empregando um substrato comercial constituído por turfa, vermiculita, resíduo orgânico e calcário, ao qual foi adicionado 5 g L^{-1} de fertilizante de liberação controlada (FLC) com formulação 14-14-14 com 3 a 4 meses de liberação. As sementeiras foram cobertas com uma camada de 2 cm de vermiculita expandida e protegidas por sombrite, que possui capacidade de interceptação da luz de 70%.

Posteriormente, ao atingirem cerca de 5 cm de altura, as mudas foram repicadas para tubetes (280 cm^3 de capacidade), a partir destas mudas foram realizados os experimentos com diferentes substratos comerciais e doses de fertilizante de liberação controlada (Tabela 2).

Tabela 2 – Experimentos das mudas via seminal realizados nas espécies, utilizando os diferentes substratos e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC).

Experimentos	Espécies	FLC	Substratos
			Tratamentos
			SI - turfa, vermiculita, resíduo orgânico classe A (casca de arroz torrada) e calcário; SII – turfa e casca de arroz carbonizada; SIII – casca de pinus, vermiculita e cinzas; SIV – casca de pinus, cinzas, vermiculita, turfa, serragem e bioestabilizados; SV – mistura de substrato comercial (60%), composto por turfa e casca de arroz carbonizada e aditivado com N (0,04%), P ₂ O ₅ (0,04%), K ₂ O (0,05%) e calcário calcítico (1,5%), com falha de pinhão triturada (40%)
Substratos comerciais	<i>S. sempervirens</i> , <i>S. giganteum</i> e <i>P. menziesii</i>	6 g L ⁻¹	
			Tratamentos
		0 g L ⁻¹	
		2 g L ⁻¹	casca de pinus, cinzas, vermiculita,
		4 g L ⁻¹	turfa, serragem e bioestabilizados
		6 g L ⁻¹	
		8 g L ⁻¹	
Doses de FLC	<i>S. giganteum</i>		

Fonte: própria autora (2023).

Um quinto substrato comercial (substrato V) foi testado para *S. giganteum*, devido á maior disponibilidade de mudas. Após a aplicação dos tratamentos, as mudas permaneceram cerca de 6 meses em casa de vegetação, com irrigação por microaspersão 3 vezes ao dia durante 5 minutos.

A caracterização físico-química dos substratos (Tabela 3) foram determinadas no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, conforme a Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007) e Fermino (2003).

Tabela 3 – Análise física e química dos substratos utilizados para produção de mudas de *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii*.

Atributos analisados	Substratos				
	I	II	III	IV	V
DU (kg m ⁻³)	267,95	804,05	566,58	615,28	454,82
DS (kg m ⁻³)	157,68	349,58	296,80	233,58	269,94
UA (%)	41,15	56,52	47,62	62,03	40,60
PT (%)	83,09	84,93	88,36	92,09	85,14
EA (%)	27,26	33,22	37,06	37,18	28,65
AFD (%)	22,79	11,35	14,12	20,00	19,60
AT (%)	2,55	4,13	1,72	3,20	1,43
AR (%)	30,49	36,23	35,46	31,72	35,46
CRA (10) (%)	55,83	51,71	51,30	54,92	56,49
pH (H ₂ O)	6,05	5,98	4,49	5,35	5,55
CE (m ^S cm ⁻¹)	0,16	1,86	0,16	1,25	0,33

DU = densidade úmida (kg m⁻³); DS = densidade seca (kg m⁻³); UA = umidade atual (%); PT = porosidade total (%); EA = espaço de aeração (%); AFD = água facilmente disponível (%); AT = água tamponante (%); AR = água remanescente (%); CRA10 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água determinado em base volumétrica - v/v (%); pH = potencial hidrogeniônico, determinado em água, diluição 1:5 (v/v) (H₂O); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v) (m^Scm⁻¹). Observações: Média de três repetições por amostra.

Fonte: própria autora (2023).

Todos os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado. No experimento envolvendo a avaliação de diferentes substratos para o cultivo de *Sequoia sempervirens* e *Pseudotsuga menziesii* foram utilizadas dez repetições compostas por quatro plantas. Para *Sequoiadendron giganteum* foram utilizadas dez repetições, nas quais foram alocadas oito plantas por repetição. No experimento que abordou a análise dos efeitos de diferentes doses FLC) utilizou-se dez repetições de sete plantas cada.

Para ambos os experimentos foi realizado avaliação de sobrevivência (%) após 60 dias, e seis meses após a repicagem foi realizada a mensuração das características morfológicas altura (cm) e diâmetro do coleto (mm), calculando-se após a relação h/dc (altura/diâmetro do coleto).

6.4.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de verificação de pressuposição de normalidade (Shapiro Wilk) e homogeneidade de variâncias (Bartlett). Em seguida, foi realizada análise de variância e, verificado a significância, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade, ou realizada análise de regressão, utilizando o programa estatístico Sistema para Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2008).

6.5. RESULTADOS

6.5.1. Teste de tetrazólio, qualidade física e fisiológica e beneficiamento das sementes

Não foram identificadas interações significativas, nem diferenças relevantes quando se consideraram os fatores isoladamente em relação às concentrações de tetrazólio e às categorias do lote de sementes (Tabela 4).

Tabela 4 – Viabilidade (%) de sementes de *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* e *Pseudotsuga menziesii*, por categoria (Lote A1 e Lote A2), nas concentrações de tetrazólio utilizadas (0,0%, 0,1%, 0,5% e 1,0%).

Espécies	Classificação das sementes	0,0%		0,1%		0,5%		1,0%	
		Lote	Lote	Lote	Lote	Lote	Lote	Lote	Lote
		A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
<i>S. giganteum</i>	Viáveis	39 ^{ns}	43 ^{ns}	23	44	29	40	13	23
	Inviáveis	6	4	52	9	26	10	28	20
	Deterioradas	0	43	24	39	44	49	43	37
	Vazias	55	10	1	8	1	1	16	20
<i>S. sempervirens</i>	Viáveis	44 ^{ns}	24 ^{ns}	24	46	49	36	42	40
	Inviáveis	14	10	23	27	23	33	39	34
	Deterioradas	42	66	49	27	28	31	19	26
	Vazias	0	0	4	0	0	0	0	0
<i>P. menziesii</i>	Viáveis	22 ^{ns}	62 ^{ns}	47	55	45	68	61	62
	Inviáveis	27	10	49	29	18	19	36	5
	Deterioradas	50	24	0	14	0	0	0	0
	Vazias	1	4	4	2	10	13	3	13
	Predadas	0	0	0	0	27	0	0	20

** Letras minúsculas apresentam efeito significativo na coluna pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

^{ns} – não significativo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
 Fonte: própria autora (2023).

A análise dos dados de viabilidade das sementes revela uma proporção elevada de sementes inviáveis, deterioradas e vazias, ultrapassando a marca de 50%. Em geral, *S. giganteum* apresenta maior porcentagem de sementes vazias, enquanto *S. sempervirens* apresenta maior porcentagem de sementes inviáveis, porém ambas possuem muitas sementes deterioradas.

Para os resultados de *P. menziesii* é possível observar que há alta porcentagem de sementes inviáveis nas sementes pertencentes ao Lote A1, nas concentrações de tetrazólio utilizadas de 0,1% e 1,0%, e uma porcentagem considerável de sementes predadas em 0,5% e 1,0% para ambas as categorias do lote.

Além disso, foi constatado que determinadas sementes estavam infestadas por larvas de possíveis insetos da espécie do gênero *Corticaria*, família Latridiidae, ordem Coleoptera. Isso ocorreu devido à observação, ao abrir a semente, de que apenas a larva estava presente em seu interior. Assim sugerindo que a larva, de alguma forma, consumiu todo o conteúdo da semente, deixando somente o tegumento intacto (Figura 4).

Figura 4 – Semente de *Pseudotsuga menziesii* predada por espécime de larva(a); larva encontrada dentro da semente (b).



Fonte: própria autora (2023).

Os resultados obtidos para o teor de água e o peso de mil sementes demonstraram similaridade entre as duas categorias do lote das espécies (

Tabela 5).

Tabela 5 – Teor de água (TA) e peso de mil sementes (PMS) das sementes de *Sequoiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens* e *Pseudotsuga menziesii*.

Espécies	TA (%)		PMS (g)	
	Lote A1	Lote A2	Lote A1	Lote A2
<i>S. giganteum</i>	11,0 ^{ns}	10,0	4,920	4,484
<i>S. sempervirens</i>	8,0	9,4	3,865	4,044
<i>P. menziesii</i>	9,0	9,7	12,370	11,111

^{ns} – não significativo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: própria autora (2023).

Em relação à viabilidade das sementes, foram observadas diferenças entre as categorias do lote. Para *P. menziesii* a germinação das sementes do Lote A1 foi inferior a 50%, enquanto as sementes armazenadas (Lote A2) apresentaram taxas de germinação acima desse limite (Tabela 6).

Tabela 6 – Viabilidade das sementes de *Sequoiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens* e *Pseudotsuga menziesii* classificadas como germinadas e duras e contabilização de duras, deterioradas e vazias nas duas porções do lote.

Espécies	Classificação	Lote A1	Lote A2
<i>S. giganteum</i>	Germinadas	34 ^{ns}	41 ^{ns}
	Duras	11 (42% viáveis TZ)	6 (32% viáveis TZ)
	Deterioradas	0	43
	Vazias	55	10
<i>S. sempervirens</i>	Germinadas	41	18
	Duras	17 (19% viáveis TZ)	16 (35% viáveis TZ)
	Deterioradas	42	66
	Vazias	0	0
<i>P. menziesii</i>	Germinadas	15	56
	Duras	34 (21% viáveis TZ)	16 (38% viáveis TZ)
	Deterioradas	50	24
	Vazias	1	4

TZ = teste de tetrazólio realizado nas sementes duras após o período do teste de germinação.

Fonte: própria autora (2023).

De forma geral, observou-se que a germinação das sementes de ambas as categorias pode ser influenciada por fatores externos, uma vez que as sementes armazenadas (Lote A2) apresentaram uma taxa de germinação numericamente superior (41%) em relação às sementes do Lote A1.

Devido à alta porcentagem observada de sementes vazias e deterioradas foi realizado beneficiamento com soprador, a fim de melhorar a qualidade das sementes, eliminando as sementes inviáveis (Tabela 7).

Tabela 7 – Viabilidade das sementes do Lote A1 com e sem o uso do beneficiamento com soprador.

Espécies	Classificação	Beneficiadas	Sem beneficiamento
<i>S. giganteum</i>	Germinadas	56 A*	34 B
	Duras	2 (0% viáveis TZ)	11 (91% viáveis TZ)
	Deterioradas	42 B	55 A
<i>S. sempervirens</i>	Germinadas	43 ^{ns}	41
	Duras	15 (59% viáveis TZ)	17 (93% viáveis TZ)
	Deterioradas	42	42
<i>P. menziesii</i>	Germinadas	63 A	15 B
	Duras	6 (50% viáveis TZ)	34 (41% viáveis TZ)
	Deterioradas	31 B	51 A

** Letras maiúsculas apresentam efeito significativo na linha pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

TZ = teste de tetrazólio.

Fonte: própria autora (2023).

A partir dos dados obtidos pode-se afirmar que o beneficiamento com soprador foi significativamente benéfico para *S. giganteum* e *P. menziesii*, pois ocasionou no aumento da porcentagem de sementes germinadas e diminuição em sementes deterioradas. Para *S. sempervirens* não houve efeito significativo.

6.5.2. Produção de mudas em viveiro

No viveiro, as mudas demonstraram taxa de germinação semelhante aos resultados obtidos em laboratório, cerca de 30% a 40% de germinação. Destas, grande parte teve boa resposta de sobrevivência aos primeiros 60 dias, apresentando diferenças significativas, exceto para *S. sempervirens* que não teve efeito significativo nos diferentes substratos testados. Em relação às variáveis de altura, diâmetro do coleto e a relação entre ambas, foi observada uma diferença significativa entre os substratos utilizados (Tabela 8).

Tabela 8 – Sobrevivência, altura e diâmetro do coleto (DAC) e a relação dessas variáveis (h/dc) das mudas em fase de viveiro de *Sequoiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens* e *Pseudotsuga menziesii*, avaliadas 6 meses após a instalação dos experimentos.

Espécies	Tratamentos	Sobrevivência (%)	Altura (cm)	DAC (mm)	h/dc
<i>S. giganteum</i>	Substrato I	99,0 a*	19,5 a	3,6 a	5,4 a
	Substrato II	43,0 b	7,6 b	1,7 b	4,5 ab
	Substrato III	95,0 a	13,1 ab	3,6 ab	3,7 b
	Substrato IV	96,0 a	15,2 ab	3,4 ab	4,4 ab
	Substrato V	98,0 a	11,6 ab	2,4 ab	5,1 a
	0 g L ⁻¹ de FLC	94,0 a	-	-	-
	2 g L ⁻¹ de FLC	99,0 a	-	-	-
	4 g L ⁻¹ de FLC	93,0 a	-	-	-
	6 g L ⁻¹ de FLC	86,0 b	-	-	-
	8 g L ⁻¹ de FLC	99,0 a	-	-	-
<i>P. menziesii</i>	Substrato I	75 ab	-	-	-
	Substrato II	48 b	-	-	-
	Substrato III	83 a	-	-	-
	Substrato IV	63 ab	-	-	-
<i>S. sempervirens</i>	Substrato I	95,0 ^{ns}	26,9 b	3,7 a	7,3 b
	Substrato II	93,0	23,5 b	3,0 b	7,9 b
	Substrato III	98,0	28,8 b	3,2 b	9,0 a
	Substrato IV	100,0	34,8 a	3,6 a	9,6 a

* Letras minúsculas apresentam efeito significativo na coluna pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FLC = fertilizante de liberação controlada.

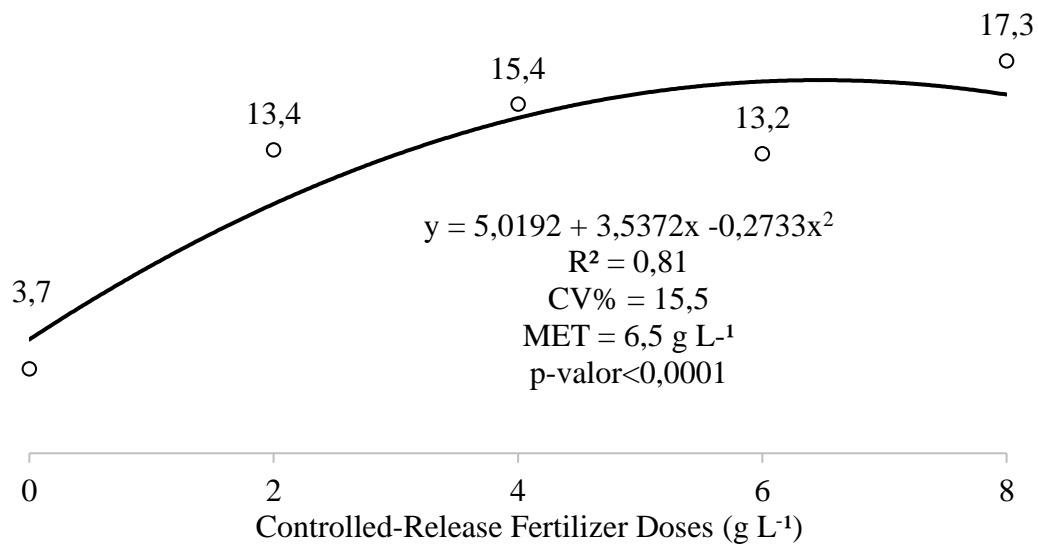
Fonte: própria autora (2023).

Os dados de altura e DAC das mudas de *S. giganteum* e *S. sempervirens* em diferentes substratos comerciais demonstram variações nas condições de crescimento, indicando efeito significativo dos substratos. No caso de *S. giganteum*, o substrato I apresentou a maior altura e diâmetro do coleto médio, enquanto o substrato II teve os menores valores médios dessas variáveis. Para *S. sempervirens*, o substrato IV foi aquele com a maior altura média, já o maior DAC foi obtido com o substrato I, e o substrato II o de menor altura e DAC.

Já para *P. menziesii* o substrato III foi o que resultou na maior média obtida para a variável sobrevivência, a menor média dessa variável ocorre com o uso do substrato II, assemelhando-se aos resultados obtidos para as sequoias.

Quando testado diferentes doses de fertilizante de liberação controlada para *S. giganteum* foi possível observar que houve influência significativa dos tratamentos sobre as variáveis morfológicas avaliadas (Figura 5).

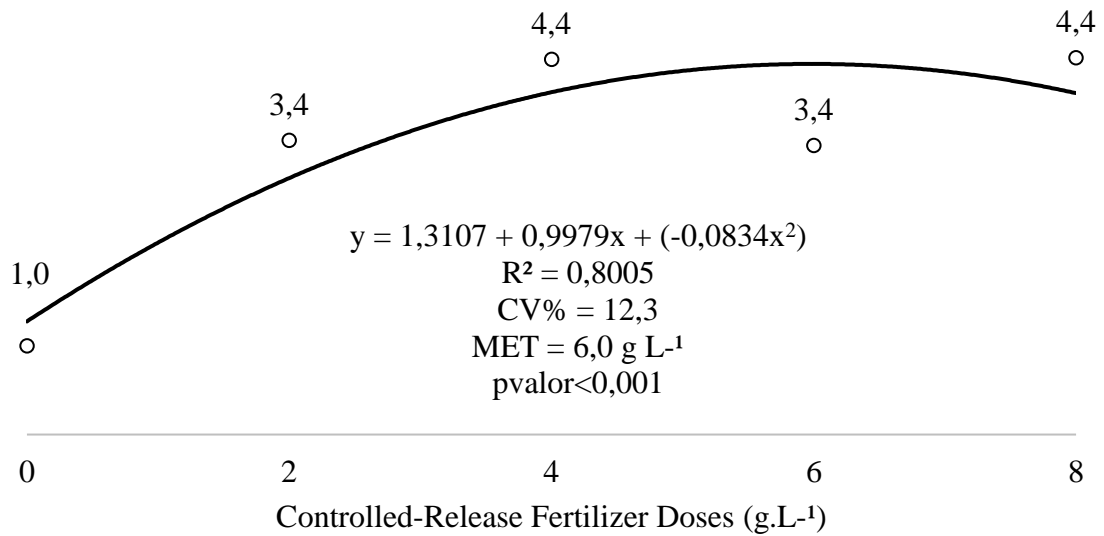
Figura 5 – Altura (cm) de *Sequoiadendron giganteum* em fase de viveiro, avaliadas 6 meses após a instalação do experimento com fertilizante de liberação controlada.



Fonte: própria autora (2023).

Para variável altura a maior performance obtida foi na utilização da maior dose aplicada, em contraponto, a menor altura média foi encontrada quando não houve aplicação de FLC. Assim como para variável DAC (Figura 6), em que a dose de 0 g L⁻¹ resultou na menor média obtida para essa variável, porém a obtenção da maior média foi expressa na utilização das doses de 4 g L⁻¹ e 8 g L⁻¹.

Figura 6 – Diâmetro do coleto (DAC – cm) de *Sequoiadendron giganteum* em fase de viveiro, avaliadas 6 meses após a instalação do experimento com fertilizante de liberação controlada.



Fonte: própria autora (2023).

6.6. DISCUSSÃO

6.6.1. Teste de tetrazólio, qualidade física e fisiológica e beneficiamento das sementes

Uma das explicações para a alta porcentagem de sementes inviáveis observada para as espécies (Tabela 4), é a polinização inadequada que ocasiona na formação de sementes vazias ou incompletas. Isto ocorre por fatores como a falta de polinizadores, condições climáticas desfavoráveis ou problemas na estrutura das flores (SOUZA & HATTEMER, 2003; KLEIN et al., 2007). Outros fatores como má nutrição, doenças e patógenos ou ainda genética e hibridização podem ocasionar a produção de sementes vazias e/ou malformadas (GRANT, 2004; AGRIOS, 2005).

De acordo com o que foi observado por Olsen et al. (1990) sementes de sequoia recorrentemente apresentam sementes aparentemente saudáveis, porém, na realidade, quando seccionadas estão preenchidas com taninos, compostos fenólicos em forma de ésteres ou heterosídeos, sendo uma característica comum em coníferas (OLSEN et al., 1990; MELLO & SANTOS, 2001).

Com base nos resultados obtidos para as espécies, optar pela concentração de 0,1% ou 0,5% permite uma economia de solução de tetrazólio, otimizando o material utilizado no teste, uma vez que não há uma ampla variação nos resultados de viabilidade obtidos. De acordo com as considerações de Marcos Filho, Cícero & Silva (1987), é ressaltado que a realização do teste de tetrazólio pode abranger várias concentrações da solução, dependendo da espécie em análise, do processo de preparo das sementes e da permeabilidade do tegumento. No contexto das

sementes de espécies florestais, tais concentrações oscilam entre 0,05% e 1,0%. Santos, Vieira & Panobianco (2019) concluíram que a concentração de 0,2% de tetrazólio por 4 horas foi a metodologia ideal para avaliar a viabilidade das sementes de *Pinus taeda*.

Assim, observa-se que as concentrações mais baixas são mais recomendadas. Isso se justifica não apenas pela redução do custo do reagente, mas também pela otimização da detecção de alterações cromáticas e identificação de distintas categorias de lesões (KRZYZANOWSKI, VIEIRA & FRANÇA NETO, 1999).

As mesmas proporções de concentrações do sal de tetrazólio mais adequadas para avaliar a viabilidade, como identificadas neste estudo, também foram observadas para *Araucaria angustifolia*. Conforme Oliveira et al. (2014), a utilização de concentrações de 0,1% ou 0,5%, aplicadas durante uma hora a 25°C, emergiu como uma metodologia alternativa eficaz em comparação ao método convencional do teste de tetrazólio para a referente espécie nas Regras para Análise de Semente (RAS).

Em relação ao baixo teor de água observado (

Tabela 5) na análise da qualidade física e fisiológica assemelha-se à característica típica de sementes ortodoxas as quais possuem a característica de suportar secagem e resfriamento, permitindo que sejam armazenadas por longos períodos sem perder sua viabilidade (ROBERTS, 1973). Porém, baseado nos resultados, as sementes de *S. giganteum* e *S. sempervirens* também podem ser classificadas como intermediárias, as quais toleram a desidratação até 7% a 10% de umidade e não suportam baixas temperaturas durante períodos prolongados (HONG & ELLIS, 1996).

Já para *P. menziesii* os dados batem com o que foi relatado por Stein & Ownston (2008), os quais afirmam que o armazenamento das sementes dessa espécie deve ser a -18°C ou próximo a um teor de umidade de 5 a 9%, em sacos plásticos bem fechados. Se armazenadas nessas condições a viabilidade será mantida por muitos anos.

Com relação ao peso de mil sementes (

Tabela 5), as sementes podem ser classificadas como pequenas, uma vez que pesam menos de 200g, de acordo com os critérios definidos pela RAS (BRASIL, 2009). O peso de mil sementes pode ser empregado, por exemplo, para estimar a quantidade de sementes necessárias para uma semeadura em determinada área, isso ajuda a otimizar o uso de sementes, reduzir o desperdício e melhorar o estabelecimento (DIEPENBROCK, 2000).

Quando se observa os resultados do teste de germinação, é possível afirmar que as sementes do Lote A1 possuem uma taxa de germinação mais baixa em comparação com as

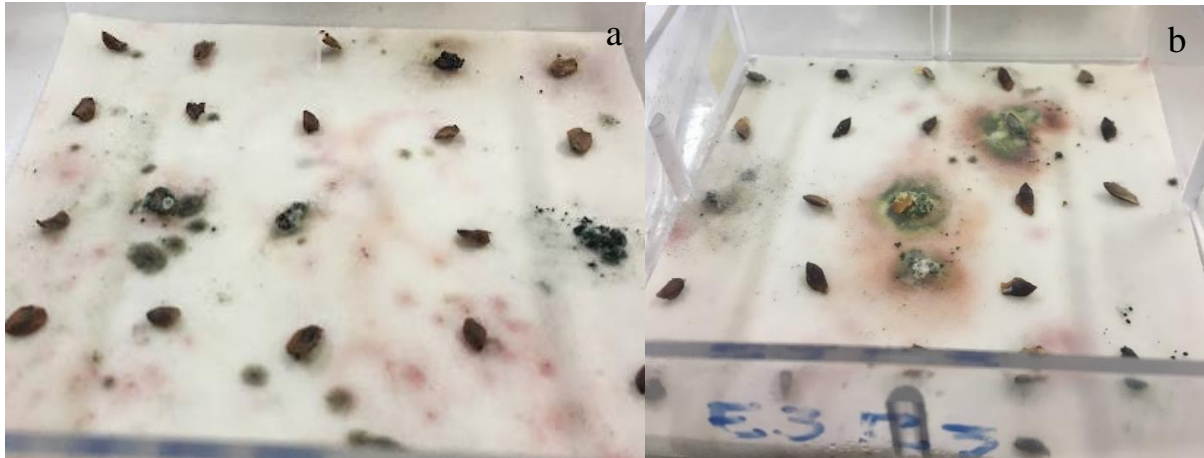
sementes armazenadas (Tabela 6). O processo de armazenamento, pode ter proporcionado condições mais favoráveis para a preservação da viabilidade dessas sementes, resultando em uma maior taxa de germinação. Esses resultados ressaltam a importância de práticas adequadas de produção e armazenamento de sementes, visando garantir a melhor qualidade e viabilidade das mesmas. O controle e a manutenção adequada das condições ambientais durante o armazenamento são fundamentais para preservar a viabilidade e a capacidade germinativa das sementes ao longo do tempo.

Assim, as diferenças encontradas e citadas anteriormente entre os lotes de uma mesma espécie provavelmente estão relacionadas a esses fatores que estão ligados ao armazenamento das sementes. Conforme mencionado por Toledo & Marcos Filho (1977), as condições de armazenamento podem afetar a viabilidade das sementes, uma vez que o armazenamento não melhora a qualidade fisiológica do lote, mas preserva se for realizado de forma adequada.

Destaca-se que foi observado que ainda havia sementes viáveis após a conclusão do teste de germinação, conforme evidenciado pelo teste de tetrazólio (Tabela 6). Esse fato pode sugerir a necessidade de um período maior para a conclusão do teste ou a possibilidade de dormência das sementes. No entanto, de acordo com Olsen et al. (1990), a baixa germinação em sementes de sequoias geralmente é atribuída a alta porcentagem de sementes inviáveis (maior que 75%, conforme os autores), e não à dormência. Assim como no presente estudo, em que as taxas de sementes inviáveis (deterioradas e vazias) ultrapassa 50% dos resultados obtidos, para todas as espécies.

Quando observados os dados de sementes germinadas de *Sequoia sempervirens* e *Pseudotsuga menziesii* pode-se constatar discrepâncias entre as categorias do lote, com uma diferença de 23% e 41%, respectivamente (Tabela 6). No entanto, é importante considerar que essa divergência possivelmente não está totalmente associada ao armazenamento, mas também à presença de fungos durante o período de realização do teste de germinação (Figura 7).

Figura 7 – Sementes de *Sequoia sempervirens* (a) e *Pseudotsuga menziesii* (b) contaminadas por fungos.



Fonte: própria autora (2023).

Um estudo conduzido por Machado et al., (2014) sobre a qualidade das sementes de *Pinus elliottii* revelou uma elevada infestação de fungos que teve um impacto direto nos resultados de germinação. Nas sementes com menor nível de contaminação fúngica, a porcentagem de germinação alcançou 91%, enquanto nas sementes com níveis de contaminação superiores a 70%, a germinação foi afetada negativamente.

É relevante ressaltar que não foi efetuado um levantamento detalhado da frequência e identificação dos fungos presentes. Portanto, é recomendável que futuros estudos se dediquem a investigar a incidência destes microrganismos e sua relação com a germinação das sementes das espécies. Uma análise mais aprofundada nesse sentido contribuirá para um melhor entendimento dos resultados apresentados no presente estudo.

Quanto ao uso do soprador, este mostrou-se eficiente na remoção de sementes vazias e contribuiu para a melhoria da qualidade fisiológica das sementes. Esses resultados reforçam a importância do beneficiamento adequado das sementes antes da semeadura, a fim de selecionar e utilizar apenas as sementes mais viáveis, o que pode resultar em um estabelecimento mais eficiente das mudas. Resultados benéficos com o uso de soprador foram encontrados por Salomão et al., (2012), que investigaram o desempenho fisiológico de sementes de diferentes espécies de *Pinus* submetidas a processos de beneficiamento.

Assim como no estudo de Santana et al., (2012), o soprador mostrou-se eficiente na remoção de impurezas de sementes de *Pinus elliottii* submetidas a diferentes tratamentos de beneficiamento. Engel et al., (2004), também obtiveram bons resultados com o uso do soprador para beneficiamento de sementes de *Pseudotsuga menziesii* na remoção de sementes defeituosas e impuras.

O soprador como procedimento de beneficiamento tem sido objeto de estudo em diversas pesquisas relacionadas à qualidade de sementes florestais, como as de Machado et al. (2014) que destacam a influência positiva do soprador na remoção de sementes contaminadas por fungos, o que contribui para a melhoria da qualidade das sementes e, por consequência, para o sucesso do processo de germinação.

Não foi realizado o beneficiamento nas sementes armazenadas devido ao baixo nível de sementes vazias, resultado obtido a partir do teste de germinação (Tabela 6), assim julgou-se não necessário.

6.6.2. Produção de mudas em viveiro

Atributos morfológicos desempenham um papel significativo na determinação da qualidade das mudas produzidas, assim como na criação de índices que auxiliam em sua avaliação. A altura é um atributo comumente utilizado que desempenha um papel crucial na avaliação da qualidade de mudas florestais, pois está intimamente relacionada ao crescimento inicial. No entanto, ela pode não servir como indicador de qualidade quando analisada isoladamente (GOMES & PAIVA, 2011).

Segundo Pinto et al. (2019) mudas com maior altura geralmente refletem um melhor desenvolvimento radicular e uma capacidade mais robusta de competir por luz e recursos, o que pode resultar em um estabelecimento mais rápido e eficaz no campo.

Porém, mudas de espécies de rápido crescimento, produzidas em tubetes de polipropileno com alta densidade na bandeja, podem apresentar estiolamento devido à competição por luz e espaço, o que resulta em altura elevada e diâmetro do coleto reduzido. Além de influenciar negativamente na sobrevivência e no desenvolvimento a longo prazo das mudas. Nesses casos, a altura das mudas não será um indicador confiável de qualidade (GONÇALVES et al., 2017; ARAUJO, NAVROSKI & SCHORN, 2018).

Portanto, a otimização do crescimento em altura das mudas florestais deve ser equilibrada com outras características de qualidade para garantir um estabelecimento bem-sucedido em diferentes ambientes, como o diâmetro do coleto (DAC) das mudas. Segundo Gomes & Paiva (2011), o DAC pode ser utilizado para qualificação das mudas aptas ao plantio, indicando que valores superiores estão relacionados à maior sobrevivência e crescimento no campo.

A partir dos resultados obtidos para as variáveis morfológicas avaliadas, pode-se afirmar que há influência dos diferentes substratos testados, e estes resultados estão diretamente

relacionados com as características físico-químicas dos substratos e suas composições (Tabela 8). A partir disso, percebe-se que as sequoias não respondem muito bem para substratos com altos valores de densidades, baixo teor de água facilmente disponível (AFD) e elevada condutividade elétrica (CE), visto que o substrato II possui a maior densidade úmida ($804,05 \text{ kg m}^{-3}$) e seca ($349,58 \text{ kg m}^{-3}$), a menor AFD (11,35%) e elevada CE ($1,86 \text{ m}^s \text{ cm}^{-1}$) (Tabela 3).

Estas características podem ocasionar em limitações no crescimento e dificuldades na retirada das mudas para expedição, além de danificar o crescimento vegetal na falta de irrigações frequentes, ocasionando em deficiências hídricas, estresse osmótico, devido à alta concentração de sais solúveis na solução do substrato, e até mesmo morte das plantas (WALLER & WILSON, 1984; ZORZETO et al., 2014).

Com base na composição, o substrato I e IV demonstram efeito positivo sobre o desenvolvimento das mudas. Isso se deve às suas constituições, que englobam componentes como turfa, vermiculita, resíduos orgânicos e inorgânicos. Conforme afirmado por Oliveira et al., (2008), a formulação de substratos contendo tanto fontes de nutrientes de origem orgânica quanto inorgânica, em concentrações apropriadas, exerce uma influência direta sobre tanto a produção de biomassa quanto o vigor apresentado pelas mudas de espécies florestais.

Não foi possível mensurar as variáveis morfológicas altura e diâmetro do coleto das mudas de *P. menziesii* devido ao ataque inesperado causado por insetos, os quais causaram desfolha total das mudas que, por conseguinte, culminou no óbito de múltiplas plantas.

A deterioração na qualidade das mudas, decorrente de danos causados por insetos, tem o potencial de afetar negativamente tanto a sobrevivência quanto o crescimento das árvores (PURESWARAN et al., 2016). Para mitigar esses impactos, várias estratégias de manejo podem ser adotadas. O uso de inseticidas é uma opção, mas a abordagem mais sustentável envolve a integração de táticas de controle. Isso pode incluir a seleção de genótipos resistentes, a adoção de práticas culturais adequadas, como o manejo da umidade do solo, e a implementação de controle biológico com a introdução de predadores naturais (EYLES et al., 2018).

O índice resultante da relação “h/dac”, também denominado de quociente de robustez, é um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas, devido fornecer informações de quão delgada a muda se encontra (CARNEIRO, 1995). A partir dos dados obtidos para *S. giganteum* e *S. sempervirens*, pode-se observar que o índice variou de 3,7 a 5,4 e 7,3 a 9,6, respectivamente (Tabela 8). Isso indica que, *S. sempervirens* pode apresentar maior fragilidade à ação do manuseio e condições climáticas, como vento, geada e

seca, implicando em custos adicionais com replantio (HAASE, 2008). No entanto, apesar de apresentar valores elevados do índice, os resultados se mantêm menores que 10, compatíveis com a referência de h/dac proposta por Hunt (1990) e Carneiro (1995).

Para a variável altura (Figura 5) e diâmetro do coleto (Figura 6), obteve-se comportamento quadrático, em que a estimativa da máxima eficiência técnica (MET) pode indicar uma melhor resposta com 6 a 6,5 g L⁻¹ de FLC. Valores acima dessa dose indicam uma diminuição na resposta e maior gasto com adubação. O não uso da adubação gerou mudas de má qualidade, com mudas medindo menos que 4 cm de altura e 1mm de diâmetro.

A implementação de fertilizantes de liberação lenta em mudas florestais, especialmente em coníferas, tem sido amplamente investigada para avaliar seu impacto no desenvolvimento inicial, com ênfase na variável altura. A liberação gradual e controlada de nutrientes proporcionada por esses fertilizantes pode oferecer vantagens significativas em termos de crescimento vertical das mudas, fator crucial para o estabelecimento saudável das plantas.

Diversos estudos focados em coníferas, como o trabalho de Stape, Binkley & Ryan (2001) com *Pinus elliottii*, destacaram que a aplicação de fertilizantes de liberação lenta resultou em incrementos substanciais na altura das mudas. Resultados semelhantes foram encontrados por Tabaldi, Schoenherr & Ferreira (2016), que investigaram diferentes tipos de fertilizantes de liberação lenta em mudas de *Pinus taeda*. Nesse estudo, as mudas tratadas com esses fertilizantes apresentaram maior crescimento em altura quando comparadas às mudas sem fertilização.

A avaliação de fertilizantes de liberação lenta também mostrou efeitos positivos na variável altura de espécies nativas de coníferas, como demonstrado por Corte et al. (2019) em mudas de *Araucaria angustifolia*. A dosagem adequada desses fertilizantes resultou em um notável aumento na altura das mudas, reforçando a importância desse tipo de fertilização para o desenvolvimento vertical das plantas.

A convergência desses resultados reforça a relevância dos fertilizantes de liberação lenta como uma estratégia eficaz para promover o crescimento em altura das mudas de coníferas. A aplicação desses fertilizantes parece ter um impacto direto e positivo nesse aspecto, contribuindo para o estabelecimento vigoroso das mudas em diferentes contextos florestais.

É importante frisar que houve mortalidade de 35% das mudas de *Sequoiadendron giganteum* utilizadas no experimento com adubação, ocasionado, provavelmente, pelo calor excessivo observado um mês antes da avaliação dessas variáveis. Essa observação é importante para entender o comportamento não esperado da média abaixo das demais, identificada na dosagem de 6 g L⁻¹.

6.7. CONCLUSÃO

A metodologia proposta para o teste de tetrazólio em *Sequoiadendron giganteum* e *Sequoia sempervirens*, juntamente com o método alternativo para *Pseudotsuga menziesii*, que envolve a imersão das sementes em água por 18 horas, seguida de imersão em uma solução de tetrazólio a 0,1% ou 0,5% a 30°C por 6 horas, pode ser aplicada. O teor de umidade das sementes variou de 8,0% a 11,0%, sugerindo classificação como sementes ortodoxas, e o peso de mil sementes indicou sementes leves e pequenas (de 3,865 g a 12.370 g). As sementes de *Sequoiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens* e *Pseudotsuga menziesii* apresentaram taxas médias de germinação de 34%, 41% e 15% para o Lote A1, e 41%, 18% e 56% para o Lote A2, respectivamente. A principal causa das baixas taxas de germinação foi a alta porcentagem de sementes inviáveis.

Os substratos mais adequados para a produção de mudas foram SI (turfa, vermiculita, resíduo orgânico classe A (casca de arroz torrada) e calcário) para *Sequoiadendron giganteum*, SIV (casca de pinus, cinzas, vermiculita, turfa, serragem e bioestabilizados) para *Sequoia sempervirens* e SIII (casca de pinus, vermiculita e cinzas) para *Pseudotsuga menziesii*. Para *Sequoiadendron giganteum*, a dose de 4 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada mostrou-se mais favorável para o desenvolvimento das mudas.

6.8. REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA. 334 p. (Contribution, 32). 2009.

AGRIOS, G. N. Introduction to plant pathology. New York: **Elsevier Academic Press Publication**. 2005.

BRIX, H. Rooting of cuttings from mature Douglas-fir. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 4, n. 2, p. 133-139, 1974.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.

BARBIZAN, E. L. et al. Produção de mudas de cafeeiro em tubetes associada a diferentes formas de aplicação de fertilizantes. **Ciência e Agrotecnologia**, Edição Especial, p.1471-1480, 2002.

CHENG, T. Adventitious bud formation in culture of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). **Plant Science Letters**, v. 5, n. 2, p. 97-102, 1975.

CICCARESE, L., ROLLERO, S., & BOUNOUS, G. Evaluation of Different Substrates for Forest Tree Species (*Quercus pubescens*, *Fraxinus excelsior*, and *Acer pseudoplatanus*) in a Semi-Arid Mediterranean Environment. **Forests**, 11(6), 632. 2020.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451p.

CORTE, A. P. D. et al. Crescimento inicial de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta à adubação de liberação controlada. **Ciência Florestal**, 29 (1), 321-331. 2019.

DIEL, J.; FIZZO, S. Estudos de caracterização da *Sequoia sempervirens* para produção de celulose Kraft. In: **Anais do 35º Congresso e exposição anual de celulose e papel**. 2002.

DIEPENBROCK, W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. **Field Crops Research**, v. 67, n. 1, p. 35-49, 2000.

DOMINGUEZ, J., GUTIERREZ, E., & EDWARDS, C. A. Soil restoration with organic amendments: linking cellular functionality and ecosystem processes. **Scientific Research and Essays**, 6 (11), 2306-2319. 2011.

ENGEL, E. C. et al. Evaluation of seed separation efficiency for several native Colorado seed species. *Native Plants Journal*, 2004.

EYLES, A., HAAVIK, L., & NEGRÓN, J. F. Bark beetles and their associated fungi in living trees in North America. **The Biology of Plant–Insect Interactions**, 2, 303-325. 2018.

FINS, L. & LIBBY, W. J. Population variation in *Sequoiadendron*: seed and seedling studies, vegetative propagation, and isozyme variation. **Silvae Genetica**, v. 31, n. 4, p. 102-110, 1982.

FINS, L. et al. Propagation of giant sequoia by rooting cuttings. In: **Combined Proceedings**. International Plant Propagators' Society. p. 127-132. 1980.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

GRANT, V. Plant speciation, the book: perspectives and paradigms. **New Phytologist**, p. 8-11, 2004.

GOMES, J. M. & PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2011.

GONÇALVES, J. L. de M., et al. Quality of *Eucalyptus* Seedlings in Function of the Height of the Sowing Substrate. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 12 (4), 409-415. 2017.

HERMANN, R. K.; LAVENDER, D. P. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco Douglas-fir. **Silvics of North America**, v. 1, n. 527-540, 1990.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A protocol to determine seed storage behaviour. **Biodiversity International**, 1996.

HUNT, G. A. Effect of Styroblock Design and Copper Treatment on Morphology of Conifer Seedlings. Proceedings, **Western Forest Nursery Association**, p. 13–17, 1990.

HAASE, D. L. Understanding Forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, Corvallis, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório IBÁ 2022 ano base 2021**. Brasília: IBÁ, 96 p., 2022.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 8, p. 1-7. 1999.

KRAUSS, S. L., KOCH, J. M., & DIXON, K. W. Habitat differentiation of a rare woodland daisy: implications for population dynamics. **Journal of Ecology**, 91(3), 453-463. 2003.

KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the royal society B: biological sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

LIMA, M. J.V. **Manual de Procedimentos para Análise de Sementes Florestais**. UFAM - Manaus-Amazonas, Brasil. p. 1-146, 2010.

LANDIS, T. D., DUMROESE, R. K., & HAASE, D. L. **The container tree nursery manual: Volume 7, seedling processing, storage, and outplanting** (No. 73). 2010.

MACHADO, R. G., et al. Contaminação fúngica em sementes de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm, submetidas a diferentes tratamentos. **Semina: Ciências Agrárias**, 35 (2), 697-704. 2014.

MENDONÇA, V. et al. Fertilizante de liberação lenta na formação de mudas de maracujazeiro amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p. 344-348, 2007.

MENDONÇA, V. et al. Diferentes ambientes e osmocote na produção de mudas de tamarindeiro (*Tamarindus indica*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.391-397, 2008.

MORAES NETO, S. P. et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 779-789, 2003.

MONTEUUIS, O. Rejuvenation of a 100-year-old *Sequoiadendron giganteum* through in vitro meristem culture. I. Organogenic and morphological arguments. **Physiologia Plantarum**, v. 81, n. 1, p. 111-115, 1991.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, p. 1-

495, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Instrução Normativa SDA Nº 17. Diário Oficial da União - Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. **Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo**. Brasília, 2007.

MELLO, J. P. C.; SANTOS, S. C. Taninos: In: SIMÕES C. M., SCHENKEL E. P., GOSMANN G., MELLO J. C. P., MENTZ L. A., PETROVICK P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3ª ed. Porto Alegre: Ed. UFSC, 2001.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 320 p. 1987.

NAVROSKI, M. C. et al. Resgate e propagação vegetativa de *Sequoia sempervirens*. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 383-392, 2015.

NAVROSKI, M. C. et al. Efeito do volume do tubete e doses de fertilizantes no crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 26-33, 2016.

OLSEN, D. F.; ROY, D. F.; WALTERS, G. A. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Redwood. In: BURNS, R. M. **Silvics of North America: Conifers**. US Department of Agriculture, Agricultural Handbook, v. 654, p. 541-551, 1990.

OECD. "Section 4 - Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii*)" In: **Safety Assessment of Transgenic Organisms**, Volume 3: OECD Consensus Documents, OECD Publishing, Paris, 2010.

OLIVEIRA, R. B. de et al. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 122-128, 2008.

OLIVEIRA, L. M. et al. Metodologia alternativa para o teste de tetrazólio em sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 468-474, 2014.

PURESWARAN, D. S. et al. Efficacy of insecticides in protecting nursery-grown conifers from root-feeding by white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) in Eastern Canada. **The Canadian Entomologist**, 148(2), 156-169. 2016.

PÉREZ, V. **Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de las Maderas que crecen en Chile**. pINFOR. Documento de trabajo Nº 47. 451 p. 1983.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and technology**, v. 1, p. 499-514, 1973.

STEIN, W.I., & OWNSTON, P.W. *Pseudotsuga*. The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, **Agriculture Handbook 727**, Washington. p. 891-904, 2008.

SPICHINGER O. A. **Aprovechamiento em el aserrado de sequoia (*Sequoia sempervirens* (D. DON) Endl.) y clasificación de la madeira obtenida.** Dissertação de mestrado. Santiago do Chile: Departamento de Ingeniería de La madeira, Universidad de Chile; 2004.

SANTOS, F. S.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. Tetrazolium test for *Pinus taeda*: preparation, staining, and seed viability classes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.

SOUZA, V. A., HATTEMER, H. H. Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* no Brasil. **Boletim Pesquisa Florestal**, 47: p. 19-32, 2003.

STAPE, J. L., BINKLEY, D., & RYAN, M. G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, 150 (1-2), 63-74. 2001.

TOLEDO F. F.; MARCOS FILHO J. **Manual das sementes: tecnologia da produção.** Piracicaba: Editora Agrônômica Ceres, p. 1-224, 1977.

TABALDI, L. A., SCHOENHERR, J. R., & FERREIRA, M. M. Growth and nutrient efficiency of *Pinus taeda* seedlings subjected to different types and rates of controlled-release fertilizer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51 (1), 1-8. 2016.

VALERI, S. V. & CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, p. 167-190. 2000.

WILSON, S. M. et al. **The Redwoods and Red Cedar.** Quarterly Journal of Forestry, v. 110, n. 4, p. 244-256, 2016.

WEATHERSPOON, C. P. *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz Giant Sequoia. In: BURNS, R. M. **Silvics of North America: Conifers.** US Department of Agriculture, Agricultural Handbook, v. 1, p. 552-562, 1990.

WALLER, P. L. & WILSON, F. N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 51-58, 1984.

ZORZETO, T. Q. et al. Caracterização física de substratos para plantas. **Solos e Nutrição de Plantas.** Bragantia, Campinas, v. 73, p. 300-311, 2014.